The Department of Public Instruction, Bombay.

SCIENCE PRIMERS

IN

MARAṬHI.

PHYSICS.

BY

RAO BAHADUR KERO LAKSHMAN CHHATRE,

LATE PROFESSOR OF MATHEMATICS, DECCAN COLLEGE, POONA.

Revised and Enlarged

BY

MORO BALLAL DHARAP,

TEACHER OF NATURAL PHILOSOPHY, ASTRONOMY, PHYSICAL GEOGRAPHY, AND ARITHMETIC IN THE POONA TRAINING COLLEGE.

62६02

Second Edition, 3,000 Copies.

Bombay:

GOVERNMENT CENTRAL BOOK DEPÔT

1892.

Price 12 *Annas.*

BOMBAY:
PRINTED AT THE EDUCATION SOCIETY'S PRESS, BYCULLA.

मुंबई इलाख्यांतील सरकारी विद्याशाळाखातें.

अनेकविद्याविषयकबालशिक्षाग्रंथमाला.

ग्रंथ १ ला.

पदार्थविज्ञान.

हा

रा० ब० केरो लक्ष्मण छत्रे, ७२६०२

पुणें येथील देकन कालेजांतील गणितशास्त्राचे माजी
गुरु ह्यांनीं तयार केला. तो,

मोरो बल्लाळ धारप,

पुणें येथील ट्रेनिंग् कॉलेजांतील पदार्थविज्ञान, ज्योतिष,
प्राकृतिक भूशास्त्र, व अंकगणित ह्या शास्त्रांचे अध्यापक
ह्यांनीं

तपासून वाढविला.

आवृत्ति दुसरी. ३,००० प्रती.

मुंबई:

गवर्नमेंत सेंत्रल बुक दीपो.

इसवी सन १८९२.

किंमत १२ आणे.

मुंबईमध्यें:
एज्युकेशन सोसैटीच्या छापखान्यांत छापिलें.

प्रस्तावना.

पदार्थविज्ञानाची माहिती साधारण लोकांस, आणि मुख्यत्वेंकरून मुलांस कांहींच नसते. अज्ञानानें किती एक गोष्टींविषयीं उलटी भलभलतीच समजूत मात्र होऊन गेलेली असते. म्हणून सृष्टींत जे चालू व्यापार आहेत त्यांच्याकडे मुलांचें लक्ष वळवून त्यांच्या द्वारानें पदार्थांचे धर्म व व्यापारशक्ति यांचें ज्ञान त्यांस करून द्यावें हा हेतु मनांत धरून हें लहानसें पुस्तक तयार केलें आहे. जी गोष्ट सांगावयाची ती त्यांच्या मनांत चांगली ठसावी याकरितां प्रत्येक प्रयोग हातानें करून पाहण्यास सांगितला आहे. हे प्रयोग शिक्षकानें मुलांस प्रत्यक्ष करून दाखवावे. नुसतें पुस्तक वाचून सांगू नये अशी आमची इच्छा आहे. प्रयोग करून पाहाण्यास जे पदार्थ लागतील ते पदार्थ बहुतकरून आपल्या देशांत मिळण्यासारखे आहेत. जो विषय मुलांना सांगितला आहे त्याचें ज्ञान त्यांस कितीं झालें आहे, व तें बरोबर झालें आहे किंवा नाहीं, हें वारंवार शिक्षकानें प्रश्नोत्तररूपानें ताडून पाहिलें पाहिजे.

अशा प्रकारचें एक लहानसें पुस्तक **बालफोरस्टयुआर्ट** या नांवाचे साहेबांनीं इंग्रजींत छापलें आहे. त्या नमुन्यावर हें पुस्तक रचिलें आहे. कितीं एक गोष्टी त्यांच्या पुस्तकांतून, कितीं एक दुसऱ्या पुस्तकांतून, व कितीं एक बाहेरच्या, आपल्या या हिंदुस्थानांत रहाणाऱ्या अज्ञ लोकांस समजतील अशा घेतल्या आहेत. हें पुस्तक वाचलें म्हणजे आपणास पदार्थविज्ञानाची सर्व माहिती होईल असें समजू नये. यांत फक्त त्या ज्ञानाचीं थोडीं थोडीं बीजें, त्या ज्ञानाची योग्यता, आणि त्या ज्ञानाचा उपयोग, हीं विद्यार्थ्यांच्या मनांत भरून देण्याचा यत्न केला आहे.

हा विषय शिकवितांना प्रयोग करून पहाण्यास जे जे पदार्थ किंवा जीं जीं यंत्रें लागतात त्यांची एक अलाहिदा याद करून शेवटीं दिली आहे. पदार्थ तयार करण्यास किंवा बाजारांतून विकत घेण्यास जो खर्च लागेल त्याचा अंदाज करून यादींतील प्रत्येक सदरासमोर त्याच्या त्याच्या किमती लिहिल्या आहेत.

हें पुस्तक तयार करितांना रा० मोरो बल्लाळ धारप, असिस्तंत मास्तर ट्रेनिंग् कालेज पुणें, यांची पुष्कळ मदत मिळाली आहे.

के० ल० छ०.

दुसऱ्या आवृत्तीची प्रस्तावना.

पदार्थविज्ञानशास्त्राचा अभ्यास करणाराला ह्या शास्त्राचा उद्देश व परिभाषा हीं प्रथम कळलीं पाहिजेत, म्हणून ही आवश्यक माहिती देणारा उपोद्घात ह्या पुस्तकांत नवीन घातला आहे. न्यूतनाचीं रंगवलयें हा विषय स्वतंत्रपणें विचारणीय असून, परमाणूंची सूक्ष्मता दाखविण्याला तर हा फारच सोईचा आहे, म्हणून ह्या विषयाची भर विभाज्यत्वांत घातली आहे. ध्वनि, उष्णता, प्रकाश, व विद्युत्, हीं सारीं कर्तृत्वाचीं रूपान्तरें असल्यामुळें, पदार्थांच्या पतनांत दिसून येणारें गुरुत्वाकर्षणाचें कार्य आणि चलित पदार्थांचें कर्तृत्व ह्या गोष्टींची माहिती करून घेणें हें ह्या शास्त्राचा अभ्यास करणाराला आवश्यक होतें. म्हणून ह्या माहितीपुरता लहानसा चलनविचार ह्या पुस्तकांत नवीन घातला आहे. प्रवाहि पदार्थांचा स्थैर्य विचार ह्या प्रकरणांत पास्कलचा नियम, ब्रामाहचा दाब, मोकळ्या प्रवाहीचा दाब, पास्कलचा प्रयोग, मोकळ्या प्रवाहीच्या पृष्ठाची समता, मद्यार्कांची पाणसळ, तारवाचीं समतोलनें, व हैद्रामेतरांचे उपयोग, ह्या गोष्टी मुख्यत्वें विचारणीय असल्यामुळें ह्यांचा समावेश केला आहे. पुढील प्रकरणांत भारमापक-यंत्राचे उपयोग, कर्तृत्वाची नित्यता, स्वरसतक, स्वरैक्य, वाफेची अननुभूत उष्णता शोधण्याचा प्रयोग, आणि सपाट व गोलीय आरशांतील प्रतिमा, ह्या गोष्टी नवीन घातल्या आहेत. ह्याशिवाय लहान मोठे फेरफार जागोजाग केले आहेत. अशा रीतीनें ह्या शास्त्राचीं मूलतत्त्वें नूतन विद्यार्थ्यांस कळावीं असा प्रयत्न ह्या प्राथमिक पुस्तकांत केला आहे.

पुणें,
ता. १७ मे, १८९२ इ.

मोरो बल्लाळ धारप.

पदार्थविज्ञान.

अनुक्रमणिका.

उपोद्घात.

सांसिद्धिक धर्म किंवा सामान्य धर्म.

चलनविचार.

स्थैर्यविचार.

प्रकृतींतील शक्ति.

प्रवाही पदार्थांचा स्थैर्यविचार.

वायुरूपी पदार्थांचे धर्म.

कर्तृत्व.

कंपित पदार्थ.

ध्वनि.

उष्णता.

प्रकाश.

विद्युत्.

पदार्थविज्ञान.

उपोद्घात.

अहो पंतोजीबावा! शाळेमध्यें तुह्मी आपले विद्यार्थ्यांस पुष्कळ गोष्टी शिकवितां:—लेखन, वाचन, इतिहास, भूगोल, गणित वगैरे. परंतु ज्या पदार्थांशीं त्यांचा हरएक व्यापार चालावयाचा त्यांजविषयीं त्यांना कधीं कांहीं सांगतां काय? आमचे मनांत त्यांस त्या **पदार्थांच्या अनुभवसिद्ध व व्यवहारोपयोगी ज्ञाना**विषयीं कांहीं गोष्टी सांगाव्या अशी इच्छा उत्पन्न झाली आहे, तर कृपा करून त्यांस कांहीं दिवस रोज घटका घटका आमच्या स्वाधीन करा.

१. **उद्देश.**—पदार्थांकडून कळणारे जे त्यांच्या बनलेल्या प्रकृतीचे चमत्कार (ह्मणजे बनणाऱ्या प्रकृतीचे नव्हत), ते विचारांत घेऊन त्यांविषयीं अनुभवसिद्ध व व्यवहारोपयोगी ज्ञान करून द्यावें, हा पदार्थविज्ञानशास्त्राचा उद्देश आहे.

ज्या चमत्कारांत मूळच्या प्रकृतीमध्यें बदल होऊन त्या बदलापासून अपूर्व (नव्या) प्रकृतीचे पदार्थ बनतात, ते बनणाऱ्या प्रकृतीचे चमत्कार होत. त्यांना **रसायन-चमत्कार** ह्मणतात.

उदाहरणार्थ लांकूड जळतें, तेव्हां त्याच्या घटक प्रकृति वेगळाल्या होऊन त्यांपैकीं वायु व वाफ ह्या वर (आकाशांत)

जातात, आणि राख व कोळसा ह्या तळीं बसतात. ह्या प्रकृतींत मुळच्या लांकडाचा मागमूस देखील आढळत नाहीं इतक्या ह्या अपूर्व बनतात, ह्मणून दहनाच्या चमत्काराला रसायन-चमत्कार ह्मणतात. ऑक्सिजन व हैड्रोजन हीं वायुरूपी तत्त्वें (मूळप्रकृति) मजबूत शिशींत भरून त्यांतून विजेची ठिणगी घालविली, ह्मणजे तीं भपकन पेटून त्यांचें रसायन-मिश्रण होतें, आणि त्यांचें पाणी बनतें. तसेंच तांबें व जस्त हीं धातुरूपी तत्त्वें एका मुशींत घालून आटलीं, ह्मणजे त्यांचें पितळ बनतें. एथें पाण्याचें स्वरूप त्याच्या घटक वायूंच्याहून वेगळें असतें, तसेंच पितळेचेंही स्वरूप त्याच्या घटक धातूंच्याहून वेगळें असतें. ह्मणून पाणी बनणें व पितळ बनणें ह्या चमत्कारांना रसायन-चमत्कार ह्मणतात. हळद उगाळून तींत थोडासा चुना मिळविला ह्मणजे तिचें तांबडें गंध बनतें हाही रसायन-चमत्कार आहे.

सांप्रतकाळचे विद्वान असल्या रसायनचमत्कारांचा विचार स्वतंत्रपणें रसायनशास्त्रांत करितात, आणि त्या खेरीज राहिलेले जे बनलेल्या प्रकृतीचे चमत्कार त्यांचाच विचार ह्या शास्त्रांत करतात.

आतां प्रकृतीचे चमत्कार हे आपण पांच ज्ञानेंद्रियांनीं जाणतों, तथापि ही जाणीव (माहिती किंवा अटकळ) जर काल्पनिक अगर कोत्या विचाराची असल्यामुळें एकंदर अनुभवांशीं जुळत नसली, किंवा व्यवहारोपयोगी नसली, तर आपणांला ह्या चमत्कारांचें ज्ञान झालें अगर तत्त्व कळलें असें ह्मणतां येत नाहीं हें उघड आहे. अनुभवसिद्ध व व्यवहारोपयोगी जें ज्ञान त्याला **विज्ञान, तत्त्वज्ञान** अथवा

शास्त्रीयज्ञान ह्मणतात, आणि अनुभवसिद्ध गोष्टींचा व्यवहाराशीं मेळ घालणारें जें शास्त्र त्याला **मीमांसा** ह्मणतात. ह्यावरून ह्या शास्त्राला **पदार्थविज्ञान, प्राकृतमीमांसा** अथवा **वास्तविकशास्त्र** हें कोणतेंही नांव शोभेल.

विज्ञानसहीत जें ज्ञान तेंच खरें अगर शाश्वत ह्मटलें जातें. ह्याकरितां पदार्थासंबंधी कोणतीही माहिती किंवा अटकळ असो, ती प्रयोगरूपी-परीक्षण व विचार ह्यांनीं अनुभवसिद्ध करावयाची, आणि ती व्यवहारांत उपयोगास लावून स्थापित करावयाची, ह्या दोन गोष्टी हें शास्त्र शिकणारांनीं नेहमीं लक्षांत ठेविल्या पाहिजेत.

२. **प्रकृति व पदार्थ.**—गुरुत्व (वजनदारी), मूर्तिमत्त्व (मूर्तिमंतपणा किंवा साकारता), इत्यादि पांच ज्ञानेंद्रियांनीं कळणारे गुण जींत राहतात तिला प्रकृति (द्रव्य अगर वस्तु) ह्मणतात, आणि ह्या प्रकृतीच्या जमावाला पदार्थ ह्मणतात.

उदाहरणार्थ स्पर्शानें कळणारें वजन, स्पर्शानें किंवा नेत्रानें कळणारा आकार, इत्यादि धर्म हे सोनें, पितळ, व पाणी, ह्यांत राहतात; ह्मणून ह्यांना प्रकृति ह्मणतात. तसेंच ह्या प्रकृतींचे जमाव जे सुंकलें, तपेली, व समुद्र, त्यांना अनुक्रमें त्या प्रकृतींचे पदार्थ ह्मणतात.

ह्या शास्त्रांतील विचारणीय पदार्थ हे काल्पनिक नसून प्रकृति-घटित असावयाचे हें सुचविण्यासाठीं त्यांना प्राकृत किंवा वास्तविक ह्मणतात. तसेंच प्रकृति ही वजन व आकार ह्यांखेरीज असावयाची नाहीं हें सदरच्या लक्षणांवरून उघड आहे, ह्मणून ह्या शास्त्रांतील पदार्थांना गुरू किंवा मूर्त ह्मणतात. तथापि ज्याला वजन असतें तो जसा प्र-

कृतीचाच बनलेला पदार्थ निश्चयानें असतो, तसा ज्याला आकार असतो तो प्रकृतीचा बनलेला पदार्थ असेलच असा नेम नसतो. उदाहरणार्थ सावली, प्रतिबिंब, आणि कल्पित मर्यादेची पोकळी, ह्यांना आकार असतो, तरी हीं द्रव्यघटित नसतात, ह्मणून ह्यांना वरच्या लक्षणाप्रमाणें पदार्थ ह्मणतां येत नाहीं. हा मूर्तिमत्त्वाचा कोतेपणा लक्षांत असला पाहिजे.

आज मित्तीस जे पदार्थ (प्रकृति) माहीत आहेत, ते सुमारें साठ पांसष्ट मूलतत्त्वें व त्यांचीं रसायनमिश्रणें, ह्यांनीं बनलेले आहेत. ह्यांपैकीं सुमारें निमे मूलतत्त्वें तुरळक आढळतात. बाकीपैकीं निमे मूलतत्त्वें जरी बरींच पसरलेलीं असून त्यांचे उपयोगही महत्त्वाचे आहेत, तरी त्यांचीं मानें अल्प आढळतात. ह्मणून हीं दोन्ही वगळलीं तर ह्या सृष्टीचीं मुख्य घटक १४ मूलतत्त्वें राहतात तीं अशीं:—

अधातुरूपतत्त्वें.	धातुरूपतत्त्वें.
ऑक्सिजन (जीवक).	अल्यूमिनं.
हैड्रोजन (दह्य).	पोट्याशियं (रक्षाबीज).
नैत्रोजन (पोषक).	सोडियं (लवणद).
सिलिकान (काचद).	क्याल्सियं (चूर्णद).
क्यार्बोन (कोळसा किंवा रोधक).	माग्नीशियं.
सल्फर (गंधक).	लोह.
फास्फोरस (भासक).	
क्लोरीन (शुभ्रक).	

ह्या सृष्टींत सोनें, टंकण, व गंधक, याप्रमाणें एक एकच्याच मूलतत्त्वांचे पदार्थ फार थोडे आढळत असून, दोन

किंवा अधिक मूलतत्त्वांच्या रसायन-मिश्राणांनीं बनलेलेच पदार्थ बहुत आढळतात. उदाहरणार्थ पाणी हें ऑक्सिजन व हैड्रोजन ह्यांचें बनलेलें असतें. रेती ही सिलिकान व ऑक्सिजन ह्यांची बनलेली असते. मीठ हें क्लोरीन व सोडियं यांचें बनलेलें असतें. लांकूड व संगमरवर हे क्यार्बान, ऑक्सिजन व क्याल्शियं ह्यांचे बनलेले असतात. स्नायूंचीं छिद्रें हीं क्यार्बान, हैड्रोजन, ऑक्सिजन, आणि नैत्रोजन, ह्यांचीं बनलेलीं असतात. चोहोंपेक्षां अधिक मूलतत्त्वांचे बनलेले पदार्थ फारच थोडे आढळतात.

३. **परमाणु व अणु.**—मूलतत्त्वाचा जो परम सूक्ष्म व अविभाज्य (किंवा निरवयव) अंश त्याला परमाणु ह्मणतात. तसेंच दोन किंवा अधिक परमाणु मिळून जो पदार्थाचा अंश बनतो त्याला अणु (लहान कण) ह्मणतात.

रसायन-चमत्कारांत एका प्राकृत पदार्थापासून अनेक मूलतत्त्वें वेगळालीं होतात, आणि अनेक मूलतत्त्वें मिळून प्राकृत पदार्थ बनतात, हें पूर्वींच कळलेलें आहे. कुटणें, खलणें, इत्यादि प्राकृत व्यापारांनीं पदार्थाच्या प्रकृतीचे भाग अधिकाधिक लहान होत जातात, त्या अर्थीं तिजबरोबर तिच्या घटकतत्त्वांचेही भाग अधिकाधिक लहान होत असले पाहिजेत. ह्यावरून पदार्थाच्या प्रकृति किंवा मूलतत्त्वें हीं सलग नसून त्यांत लहान लहान अंश असतात, हें उघड होतें. हे अंश कितीही लहान होत गेले तरी ते शेवटीं शून्य होणें संभवत नाहीं, ह्यावरून मूलतत्त्वांचे शेवटचे अंश अविभाज्य असले पाहिजेत असें अनुमान होतें. प्रकृ-

तीच्या बनावटींत वेगळालीं मूलतत्त्वें हीं त्यांच्या त्यांच्या नेमलेल्या प्रमाणांनींच एकत्र होतात असें रसायन चमत्कारांत आढळतें, ह्या गोष्टीनें वरील अनुमान स्थापित होतें. ह्यावरून वरील लक्षणाचे परमाणु मिळून अणु बनतात, आणि ते अणु पदार्थाच्याच जातीचे असून ते मिळून पदार्थ बनतात, असें ह्मणावें लागतें.

४. **प्रकृतींतल्या विरुद्ध प्रेरणा व प्रकृतीची बनावट.**—पदार्थाच्या प्रकृतींत परमाणु व अणु असे दोन प्रकारचे तुकडे असतात, तरी ते मोकळे नसून बांधलेले असतात. एकादा पदार्थ घेऊन ताणूं लागलें ह्मणजे त्याच्या ह्या तुकड्यांमध्यें एकमेकांना ओढण्याचा किंवा बिलगण्याचा धर्म दिसून येतो; आणि तो पदार्थ दाबूं लागलें ह्मणजे ह्या तुकड्यांमध्यें एकमेकांना लोटण्याचा धर्म दिसून येतो. ह्यावरून पदार्थाच्या बनावटीला कारण आकर्षण व प्रतिसारण ह्या दोन शक्ति आहेत असें ठरतें. पदार्थाचे सजातीय अणु हे ज्या शक्तीनें एकमेकांना ओढूं पाहतात, तिला **अण्वाकर्षण** किंवा **स्नेहाकर्षण** ह्मणतात. तसेंच पदार्थांतले विजातीय तत्त्वांचे परमाणु हे ज्या शक्तीनें एकमेकांशीं बिलगून अणु बनतात तिला **रसायनप्रीति** ह्मणतात. उदाहरणार्थ-ऑक्सिजन व हैड्रोजन ह्यांचे परमाणु हे रसायन-प्रीतीनें एकत्र जमतात ह्यामुळें पाण्याचे अणु किंवा लहान कण बनतात, आणि ते पाण्याचे अणु अण्वाकर्षणानें एकत्र जमतात ह्यामुळें पाण्याचे थेंब व राशि बनतात.

पदार्थाच्या प्रकृत्यंशांत जर वर सांगितल्याप्रमाणें

केवळ आकर्षणच असतें, तर ते परस्परांशीं अगदीं जमून गेले असते. पण त्यांमध्यें प्रतिसारणाचाही धर्म दिसून येतो, तो असा.—एक पदार्थ दुसऱ्यावर घांसला किंवा ठोकला ह्मणजे त्यांचे प्रकृत्यंश थरथर कांपूं लागतात, ह्यामुळें ते पदार्थ स्पर्शाला उष्ण लागतात. अर्थात् पदार्थांतील प्रकृत्यंशांचें जें कंपन त्यालाच आपण उष्णता ह्मणतों. कोणताही पदार्थ पाहिला तरी त्यांत थोडीबहुत उष्णता असतेच. ह्मणजे त्याचे प्रकृत्यंश हे थोड्याबहुत अवकाशांतून कांपतच असतात. अर्थात् ह्या कंपनाच्या अवकाशांतून ते परस्परांस दूर लोटीत असतात, ह्यामुळें यांच्यामध्यें लहानमोठीं अंतरें किंवा प्राकृत छिद्रें असतात. पदार्थांची उष्णता वाढल्यानें हीं अंतरें वाढून पदार्थ फुगतात, आणि उष्णता कमी झाल्यानें हीं अंतरें कमी होऊन पदार्थ आकुंचित होतात. ह्या अनुभवांनीं वरचाच विचार स्थापित होतो. ह्यावरून असें सिद्ध होतें कीं, पदार्थांचे प्रकृत्यंश हे उष्णतेच्या शक्तीनें एकमेकांपासून दूर राहतात, आणि ते अण्वाकर्षणाच्या शक्तीनें त्या अंतरावरून एकमेकांना ओढून धरतात. ह्याप्रमाणें आकर्षण व प्रतिसारण ह्या विरुद्ध शक्तींनीं पदार्थांच्या बनावटी होतात, व त्या कायमही राहतात. सूर्या सभोंवती फिरणारे अनेक ग्रह मिळून आपली सूर्यमाला होते, आणि असल्या अनेक सूर्यमाला मिळून आकाशगंगेचा पट्टा होतो, तोच प्रकार अणु व पदार्थ ह्यांच्या बनावटीमधें दिसून येतो. ह्यांत फरक मिळून इतकाच दिसतो कीं, ग्रह व सूर्यमाला ह्यांमधलीं अंतरें अवाढव्य मोठालीं असतात, आणि परमाणु व अणु

ह्यांमधलीं अंतरें दृष्टीला कळूं नये इतकीं सूक्ष्म असतात.

५. **प्रकृतीचीं तीन रूपें.**—पदार्थांची प्रकृति तीन रूपांत आढळते. हीं रूपें दर्शविण्याकरितां प्रकृतीला किंवा प्रकृतीच्या पदार्थांना अनुक्रमें **दृढ, जलरूपी,** व **वायुरूपी,** हीं विशेषणें योजितात.

दृढ पदार्थ.—लांकूड, धोंडा, धातु, ढेंकूळ, वीट, इत्यादि आहेत. ह्यांना प्रकृतिसिद्ध अथवा कृतीनें दिलेला नियमित आकार असतो, आणि तो कायम राखण्याकडे त्यांतील प्रेरणांचा कल असतो, ह्मणून ह्या आकारांत किंवा प्रकृत्यंशांच्या स्थितींत बाह्य प्रेरणेवांचून बदल होत नाहीं. दृढ पदार्थांच्या प्रकृत्यंशांत (अणूंत) प्रतिसारणापेक्षां स्नेहाकर्षण अधिक असतें, असें मानतात.

जलरूपी पदार्थ.—पाणी, पारा, तेल, दूध, इ० आहेत. ह्या पदार्थांना नियमित आकार नसतो, आणि ह्यांच्या अणूंत स्नेहाकर्षण थोडें असून ते सुळसुळीत असतात. ह्मणून पातळ पदार्थ कसल्याही खोलवल्याच्या भांड्यांत ठेविला, तरी त्याचे अणु भूमीच्या आकर्षणानें त्याच्या तळाकडे सरकतात, ह्यामुळें पातळ पदार्थांच्या तळाला त्या भांड्याचा आकार येतो, व त्याचें पृष्ठ नियमानें सपाट होतें. पातळ पदार्थांतील प्रकृत्यंशांच्या स्थितींत सहज पालट करितां येतो, व त्यांत कोणताही पदार्थ सहज घुसवितां येतो. तरी ते प्रकृत्यंश नेमलेल्या उष्णतेंत परस्परांपासून दूर सरकत नाहींत, व ते दाबले असतां परस्परांशीं तादृश जवळही येत नाहींत. पातळ पदार्थांच्या

प्रकृत्यंशांत स्नेहाकर्षण व प्रतिसारण हीं तुल्य असतात, ह्यांतून कोणाचेंही आधिक्य नसतें असें मानतात.

वायुरूपी पदार्थ.—हवा, वाफ, ऑक्सिजन, हैड्रोजन, नैत्रिक आसिद, इत्यादि आहेत. हे फार हलके आहेत, व ह्यांत जे थोडेसे रंगदार वायु आहेत ते वगळले तर हे अदृश्यही आहेत. वायुरूपींना नियमित आकार नसतो, व नियमित घनफळही नसतें. ह्मणजे वायुरूपी पदार्थ दाबला तर केवढ्याही लहान पोकळींत रहातो, व मोकळा सोडला तर केवढ्याही मोठ्या पोकळीभर पसरून तिचा आकार धारण करितो. वायुरूपी पदार्थांत अण्वाकर्षणाच्यापेक्षां उष्णतामूलक प्रतिसारणाचा जोर फारच मोठा असतो.

पाणी, गंधक, अयोडीन, आणि पारा, जस्त, इत्यादि कितीएक धातु, हे पदार्थ ह्या तीनही रूपांत आढळतात.

दृढ पदार्थ, जलरूपी पदार्थ, व वायुरूपी पदार्थ, ह्यांना त्यांतील प्रेरणांवरून राजस पदार्थ, सात्विक पदार्थ व तामस पदार्थ, हीं नांवें देतां येतात. आणि त्यांच्या आकारांवरून नियताकार पदार्थ, तलाकार पदार्थ व अवकाशाकार पदार्थ हींही नांवें देतां येतात.

६. **प्राकृत चमत्कार.**—प्राकृत पदार्थ कायम असतां (ह्म. त्याच्या रसायन घटनेंत फरक न होतां) त्याच्या प्रकृतींत जे नानाप्रकारचे विकार (बदल) होतात ते प्राकृत चमत्कार होत.

उदाहरणार्थ उष्णतेनें बर्फाचें पाणी होतें हा चमत्कार पहा. ह्या चमत्कारांत बर्फाची जी प्रकृति तीच पाण्याची प्रकृति होते. तिच्या रसायनाच्या बनावटींत कांहीं एक फरक

होत नाहीं, फक्त त्या प्रकृतींत रूपांतराचा विकार होतो, ह्मणून हा प्राकृत चमत्कार आहे. तसेंच उष्णतेनें पाण्याची वाफ होते, आणि ती वाफ थंड वायूंत शिरली ह्मणजे तिचें पुनः पाणी होऊन तें धक्याप्रमाणें दिसूं लागतें. हेही चमत्कार प्राकृत अगर सिद्ध द्रव्याचे आहेत.

चेंडू भिंतीवर फेंकला ह्मणजे तो नियमित वेगानें (दर सेकंदास नेमके फूट प्रमाणें) चालून, तीवर आपटतो. पण पाण्याच्या पृष्ठभागीं वाळलेल्या धलपीवर मोठा लोहचुंबक आणि वाळलेल्या पानावर लोखंडी सुई ठेविली, ह्मणजे तीं वर्धित-वेगांनीं चालून परस्परांवर समान जोरांनीं आपटतात, आणि मग तीं परस्परांना समान जोरानीं दाबीत स्थिर राहतात. तसेंच झाडापासून फळ सुटलें, ह्मणजे तें वर्धित-वेगानें चालून भुईवर आपटतें आणि मग तें तिच्यावर भार (सतत दाब) घालीत स्थिर रहातें.

कागदावर टिचकी मारली, ह्मणजे तो एकदाच हलतो व ठपकन वाजतो. पण पाण्यानें भरलेल्या घंगाळावर टिचकी मारली, ह्मणजे त्याचा वर्तुळाकार कांठ प्रथम चापट वर्तुळ व नंतर लांबट वर्तुळ असा आळीपाळीनें होऊं लागून, तें घंगाळ कांहीं वेळपावेतों थरथर कांपत रहातें. ह्या कंपानें तितका वेळपावेतों त्यांतील पाण्यावर एकीमागून दुसरी अशा लाटा उठत चालतात, व तितकाच वेळपावेतों त्याचा नाद ऐकूं येत असतो.

गारेवर चकमक झाडूं लागलें ह्मणजे त्या घर्षणानें तीं दोन्ही तापूं लागतात, आणि शेवटीं त्यांमधून ठिणग्या (फुलें) चकमक उडूं लागतात. पण लाखेच्या मोठ्या कांडी-

वर लोंकरीचें कापड घासूं लागलें, ह्मणजे त्या घर्षणानें तीं दोन्ही तापूं लागतात, आणि शेवटीं त्यांत विद्युत्-शक्ति येते; ह्यामुळें पातळ कागदाचे बारीक कपटे वगैरे हलक्या पदार्थांजवळ ती कांडी धरली, तर ते प्रथम तिजकडे ओढले जातात, व ते कांडीला भेटले कीं, तिजपासून पुनः दूर उडून जातात.

ह्या तिन्ही मालिकांतील चमत्कारांत जे पदार्थ आले आहेत त्यांच्या प्रकृति कायम राहून त्यांत सम-वेग-चलन, वर्धित-वेग-चलन, आघात, भार, कंपन, व कंपनमूलक लहरी, हे विकार उत्पन्न होतात. ह्मणून हे सारे प्राकृत चमत्कार आहेत.

उपपादन किंवा खुलासा.—फेंकण्याची शक्ति किंवा हाताची थाप ही क्षणभरच चेंडूला लागते; ह्या क्षणिक शक्तीनें दर सेकंदास दहा, पंधरा, असे नेमके फूट चालण्याचा वेग चेंडूला मिळून त्या नियमित वेगानेंच तो चालतो. पण लोहचुंबक व सुई ह्यांच्या आकर्षणशक्ति परस्परांवर सतत लागू असतात; ह्मणून सुईला लोहचुंबकाचे आकर्षणानें पहिल्या क्षणीं दर सेकंदास नेमके फूट चालण्याचा वेग आला, तर दुसऱ्या क्षणीं तसाच दुसराही वेग मिळतो. ह्याप्रमाणें ह्या शक्तीच्या सातत्त्यानें किंवा प्रत्येक क्षणांतल्या आकर्षणानें सुईचा वेग प्रतिक्षणीं वाढत जातो, ह्यामुळें ही सुई प्रतिक्षणीं वाढत्या वेगानें चालत असते. ह्याच रीतीनें सुईच्या सतत आकर्षणानें मोठ्या लोहचुंबकाला क्षुल्लक मानानें तरी वाढत्या वेगाची गति येते.

झाडापासून सुटलेलें फळ वरील सुईप्रमाणेंच प्रतिक्षणीं वाढत्या वेगानें चालून भूमीशीं येतें, ह्यावरून भूगोल व फळ ह्यांचींही आकर्षणें परस्परांवर होत असावीं असें मनांत येतें. यावरून सुईच्या आकर्षणानें लोहचुंबकाला जशी थोडीशी वर्धित-वेग-गति येते, तशीच फळाच्या आकर्षणानें भूगोलालाही केंसासारख्या सूक्ष्म अवकाशां-तून वर्धित-वेग-गति येत असावी, आणि फळ व भूगोल हीं दोन्ही समान जोरांनीं परस्परांवर आपटत असावीं असें वाटतें. ह्या कल्पना विद्वानांच्या अनुभवांनीं व विचारांनीं स्थापित झाल्या आहेत.

फळ भूपृष्ठाशीं पोंचे तोंपावेतों जमलेल्या अंत्य वेगानें भूपृष्ठावर आपटलें, आणि त्या पृष्ठाच्या प्रतिबंधानें त्याच्या वेगाची वाढ बंद झाली, ह्मणजे भूगोलाच्या ज्या प्रति-क्षणींच्या आकर्षणानें त्याचा वेग पूर्वीं प्रतिक्षणीं वाढत होता, त्याच प्रतिक्षणींच्या आकर्षणानें त्या फळाचा भार (प्रतिक्षणींचा किंवा सततचा दाब) भूपृष्ठावर लागू होतो. अशा रीतीनें भूमीच्या सतत आकर्षणानें भूपृष्ठावरच्या एकंदर पदार्थांमध्यें गुरुत्व किंवा वजन येतें. ह्याच कार-णानें ह्या आकर्षणाला गुरुत्वाकर्षण हें नांव देतात.

घंगाळाच्या भोंवतीं पाण्याहूनही पातळ असा वायू भर-लेला असतो. ह्यावरून टिचकीच्या आघातानें घंगाळ कांपूं लागलें ह्मणजे त्या कंपनानें त्यांतील पाण्याचे कण पुढें मागें हेलकाऊं लागून त्या पाण्यावर क्रमानें लहरी उठत चालतात, तसेंच भोंवतालच्या वायूचेही कण पुढें मागें हेलकावूं लागून त्या वायूंतही क्रमानें लहरी उठत

असाव्या; आणि त्या वायूंतल्या लहरी आपल्या कर्णेंद्रियावर क्रमानें आपटत गेल्यामुळेंच तितका वेळपावेतों आपणाला नाद ऐकूं येत असावा असें वाटतें. वाजणारी घांट वाताकर्षकाच्या ग्राहकांत ठेवून त्यांतील वायु काढून टाकला, तर त्या घांटेच्या कंपनानें त्या निर्वातस्थलीं लहरी उत्पन्न होणें बंद पडतें, ह्यामुळें तिचा नाद ऐकूं येत नाहीं. ह्यावरून हा विचार कायम ठरतो.

गारेवर चकमक झाडूं लागलें, किंवा लाखेचे कांडीवर लोंकरीचें कापड घांसूं लागलें, ह्मणजे त्या दोहोंतही कंपनेंच उत्पन्न होतात. ह्यावरून ह्या कंपनांपासून आधिकउण्या हेलकाव्याच्या लहरी उत्पन्न होऊन त्या आपल्या इंद्रियांवर पोंचल्यामुळें आपणाला उष्णता, प्रकाश, व विद्युत्, ह्यांच्या कार्यांचा बोध होतो असें ह्मणावें लागतें. वातावरणाची उंची अवघी ५० मैल असून ९। कोटि मैलांवरच्या सूर्यापासून उष्णता व प्रकाश हीं दोन्ही आपणाकडे येतात. ह्यावरून एकंदर खगोलामध्यें अति सूक्ष्म व गुरुत्वरहित असें आकाशतत्त्व भरलेलें असून त्या आकाशतत्त्वाच्या द्वारें ह्या तिन्ही कार्यांच्या लहरी पोंचत असाव्या असें सांप्रत काळचे विद्वान लोक मानितात.

७. **कार्य व कारण.**—कोणताही चमत्कार एक किंवा अनेक गोष्टींपासून निश्चयानें उत्पन्न होतो, तेव्हां त्या चमत्काराला कार्य ह्मणतात, आणि त्याच्या उत्पादक गोष्टीला कारण ह्मणतात.

उदाहरणार्थ वरील चमत्कारांतलें जें चेंडूचें नियमित-

वेगचलन त्या कार्याचें कारण फेंकण्याची क्षणिक शक्ति होते. सुईचें जें वर्धमान वेगाचें चलन त्या कार्याचें कारण लोहचुंबकाच्या आकर्षणाचें सातत्य हें होतें. पडलेल्या फळाचा आघात ह्या कार्याचीं कारणें त्या फळांतील द्रव्यमान, व त्या फळाचा अंत्य वेग, हीं दोन होतात. फळ वगैरे पदार्थांत भार उत्पन्न होण्याला कारणें त्या पदार्थाचें द्रव्यमान, व भूमीच्या गुरुत्वाकर्षणाचें मान, हीं दोन होतात. नाद ऐकूं येण्याला कारण वायूंतील लहरींचें कर्णेंद्रियावर आपटणें हें होतें. वायूंत लहरी उत्पन्न होण्याला कारण वायूंतील कण पुढेंमागें हेलकावणें हें होतें. वायूंतील कण पुढेंमागें हेलकावण्याला कारण घंगाळाचें किंवा घांटेचें थरथरणें हें होतें, आणि घंगाळ किंवा घांट थरथरण्याला कारण टिचकीचा किंवा लोळ्याचा आघात हा होतो. उष्णता, प्राकाश, व विद्युत, ह्या कार्यांना कारण आकाशतत्त्वांमधील लहरी इंद्रियावर पोंचणें हें होतें, व आकाशतत्त्वांत लहरी उत्पन्न होण्याला कारण ह्या घांसलेल्या वगैरे पदार्थांचें कंपन किंवा सूर्यादिकांवरील व्यापार हे होतात.

वायूवरील भार दुप्पट अगर तिप्पट केला तर तो वायु निमे अगर तृतीयांश जागेंत राहतो असें प्रयोगानें सिद्ध होतें ह्यावरून वायूचें घनफळ बदलण्याला कारण त्यावरील भार व्यस्त प्रमाणांत बदलणें हें होतें.

८. **प्राकृत नियम, कल्पना, व आकलन.**—प्रकृतींचे चमत्कार व त्यांचीं कारणें ह्यांचा नित्यसंबंध ज्यानें दाखविला जातो, त्याला प्राकृत **नियम** किंवा प्रकृतिविषयक **सिद्धांत** ह्मणतात. ज्या नियमाला अपवाद आढळतो,

ह्मणजे जो एका वर्गीतल्या संपूर्ण चमत्कारांना लागू पडणारा किंवा व्यापक नसतो, त्याला **कल्पना** (अटकळ किंवा मत) ह्मणतात. एकीमागून एक अटकळी बांधीत जाऊन एका वर्गीतील एकंदर प्राकृत चमत्कारांचा समावेश करणारा खरा नियम हुडकून काढणें, ह्या कृत्याला **आकलन** (इंग्रजींत इंदक्शन) ह्मणतात.

उदाहरणार्थ कार्य हें कारणांच्याच प्रमाणानें घडावयाचें हा विचार मनांत वागला, ह्मणजे वरच्या उपपादनावरून कितीएक प्राकृत नियम दिसून येतात. जसे,—सतत शक्तीनें मोकळ्या पदार्थामध्यें वर्धमान वेगाची गति येते आणि प्रतिबंधित पदार्थामध्यें त्या प्रतिबंधाविरूद्ध घडणारें गुरूत्व येतें. पदार्थांचे आघात हे त्यांचीं द्रव्यें व अंत्यवेग ह्यांच्या गुणाकारांच्या प्रमाणांत असतात. पदार्थांचीं गुरूत्वें हीं त्यांचीं द्रव्यें व त्यांवरील गुरूत्वाकर्षणाचें मान ह्यांच्या गुणाकारांच्या प्रमाणांत असतात. तसेंच वायूच्या घनफळाचा बदल त्यावरील भाराच्या बदलाच्या व्यस्त प्रमाणांत होतो.

कल्पनेचें उदाहरण शास्त्रवृद्धीच्या इतिहासामध्यें सुरेख दिलेलें आहे, तें असें.—"प्रकृतीला निर्वात देशाचा कंटाळा आहे" ह्या सिद्धांताचे आधारानें प्राचीन काळचे विद्वान शोषक बंबानें पाणी चढण्याची उपपत्ति सांगत असत. पुढें फ्लारेन्स शहरांतल्या एका खोल विहिरींत शोषक बंब योजावा लागून त्यानें ३३॥ फूट उंचीच्या पुढें पाणी चढत नाहींसें आढळलें, आणि ह्या ठिकाणीं निर्वात देशाचा सिद्धांत कां लागत नाहीं असा प्रश्न ग्यालिलियोपुढें आला, तेव्हां त्या तत्त्ववेत्त्यानें असें खोंचदार उत्तर

दिलें कीं " ह्या कंटाळ्याची मजल ३३॥ फूट उंचीपर्यंतच पोंचते."

ह्या अपवादानें निर्वात देशाचा सिद्धांत काल्पनिक किंवा एकदेशी ठरून रद्द झाला. नंतर हा सिद्धांत व ह्याचा अपवाद ह्या दोहोंचाही समावेश ज्यांत होईल तोच बंबांतल्या शोषणाच्या कार्याचें उपपादन करण्याचा खरा सिद्धांत होईल, असे विचार ग्यालिलियोचा शिष्य जो टार्सेली त्याचे मनांत घोळूं लागले. ह्या वेळीं त्याला अशी अटकळ सुचली कीं बंबाच्या नळीच्या तळाएवढ्या क्षेत्राच्या व वातावरणाएवढ्या उंचीच्या वातस्तंभाचा जो भार तो त्या नळींतील ३३॥ फूट उंचीच्या उदकस्तंभाच्या भाराएवढा असावा, आणि तो भार वातावरणाखालीं दडपलेल्या उदकाच्या द्वारें नळीच्या तोंडावर पोंचत असल्यामुळें त्या नळीमध्यें तितक्याच उंचीपावेतों उदक चढत असावें. ही कल्पना जर खरी असली तर पारा पाण्याच्या सुमारें १३॥ पट जड आहे ह्मणून वायूच्या भरानें सुमारें २॥ फूट उंचीपावेतोंच पारा चढला पाहिजे. ह्या विचारानें त्यानें पाव चौरस इंच तोंडीची व सुमारें ३४ इंच लांबीची कांचेची नळी घेतली. हिचें दुसरें तोंड बंद असून गर्भी एकसारखी होती. त्यानें ही नळी पाऱ्यानें भरिली. मोकळ्या तोंडावर बोट देऊन ती उलटी केली, आणि बोट दिलेलें तोंड पाऱ्याच्या भांड्यांत बुडवून तें बोट काढून घेतलें, तेव्हां त्यांतील पारा इच्छिल्याप्रमाणें खालीं उतरून ३० इंच उंचीवर थांबला. नंतर नळींतील पारा तोलला आणि त्याच नळीनें सुमारें १२ नळ्या (३३॥ फूट उंचीचें) पाणी घेऊन

तोललें तेव्हां प्रत्येकाचें वजन ३ पौंद १०॥।औंस प्रमाणें एकसारखें भरलें. ह्यावरून "वातावरणाला दर चौरस इंचास सु. १४॥। पौंदांप्रमाणें भार समुद्राच्या सपाटीशीं असतो" हा खरा सिद्धांत टॉर्सेलीस सांपडला.

"एकंदर पदार्थ उष्ण झाल्यानें फुगतात आणि थंड झाल्यानें आकुंचित होतात." परंतु "पाण्याची उष्णता फारेनहैटच्या उष्णतामापकांत ३९ अंशांपासून ३२ अंशापावेतों असली, ह्मणजे तें थंड झाल्यानें फुगतें." हा जो वहिवाटींत सापवाद नियम आहे तो सांप्रतच्या विद्वानांचें मत किंवा अटकळ दाखविणारा काल्पनिकच आहे.

अटकळी अगर मतें ह्यांचा उपयोग पाहिला, तर ह्यांनीं ज्ञातचमत्कार वर्गवार वांटले जातात इतकेंच नव्हे, तर ह्यांनीं त्यांचें उपपादनही करितां येतें. हीं जर नसलीं, तर कोणत्याही वर्गांतल्या चमत्कारांविषयीं जें कळलें तें सांगतां येणार नाहीं, आणि जें कळणें राहिलें तें विचारांतही घेतां येणार नाहीं. सारांश अटकळी अगर मतें ह्या कल्पित नियमांचा उपयोग ह्या शास्त्रामध्यें भाषेप्रमाणेंच होतो. मूळच्या अटकळींत अगर मतांत जरी सत्याचा थोडा अंश असला, तरी एकामागून एक नव्या अटकळी बांधून किंवा नवीं मतें स्वीकारून, प्राकृत चमत्कारांचें वर्गीकरण अधिकाधिक व्यापक नियमांनीं करीत चाललें, ह्मणजे सरतेशेवटीं सर्वांशीं व्यापक किंवा खरा नियम उत्पन्न होतो. व्यापक अगर सामान्य नियम बांधण्याची किंवा आकलनाची हीच रीति आहे. ह्या रीतीनें उत्पन्न झालेला नियम सुबोध असून त्याची व्याप्ति पूर्ण असते, ह्मणून ह्या नियमाचे आधारानें

त्याच्या वर्गांतले ज्ञातचमत्कार सहज लक्ष्यांत राहतात इतकेंच नव्हे, तर वेगळाल्या प्रसंगीं कसे चमत्कार घडतील तीं अज्ञात चमत्कारांचीं भाकितेंही ह्या नियमावरून ठरवितां येतात.

ह्या शास्त्रांत प्रकृतींच्या चमत्कारांचीं कारणें, कारणसमुदाय, व कारणपरंपरा, ह्या विचारांत घेतल्या जातात. तरी ह्या करण्यांतील उद्देश पाहिला तर एका वर्गांतले संपूर्ण चमत्कार एका नियमांत आकळावे हा असतो.

आपण जी न्यूटनाची तारीफ करितों ती झाडावरचें फळ भूमीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळें भूमीवर पडतें ह्या तर्काबद्दल करीत नाहीं; तर ज्यांत प्रकृतिघटित पदार्थांच्या यच्चयावत् चलनकार्यांचा समावेश होईल असे व्यापक नियम शोधून काढून, त्यांची ग्रहगतीसंबंधीं भावी चमत्कार गणितानें वर्तविण्याच्या कामीं संगति घालून दिली, ह्या महत्कार्याबद्दल करितों.

सारांश, प्राकृत चमत्कारांसंबंधीं व्यापक नियम शोधावे, आणि त्यांचा व्यवहाराचे कामीं उपयोग करावा, हेंच ह्या शास्त्राचें मुख्य कर्तव्य आहे. ह्या प्रकृतिविषयक शोधांचें मुख्य हत्यार आकलन हें आहे.

९. **प्रकृतीच्या शक्ति.**—एकेका वर्गांतील चमत्कारांना कारण व प्रकृतीवर व्यापार करणाऱ्या अशा कितीएक शक्ति आढळल्या आहेत, त्यांना प्राकृत शक्ति किंवा स्वाभाविक शक्ति ह्मणावें. ह्या शक्तींचीं उदाहरणें **गुरुत्वाकर्षण**, **उष्णता**, **प्रकाश**, **लोहचुंबकाकर्षण**, आणि **विद्युत** किंवा **वीज** हीं आहेत.

आपणाला प्राकृत पदार्थांचें ज्ञान प्रत्यक्ष न होतां त्यांच्या गुणांवरून होतें. तसेंच ह्या प्राकृत शक्तीचें ज्ञान प्रत्यक्ष न होतां त्याच्या कार्यावरून होतें. ह्या शक्ति प्रकृतींत राहणारे गुण आहेत, का प्रकृतीच्या कंपनानें घडणाऱ्या तींतील प्रकृत्यंशाच्या आंदोलनाचे परिणाम आहेत, तें आजमितीस निश्चयानें सांगतां येत नाहीं. तथापि आंदोलनाचे मतानें उष्णता व प्रकाश ह्या दोहोंच्याही कार्याचें उपपादन करितां येतें. उष्णता व प्रकाश ह्यांत जसा संबंध दिसतो, तसाच संबंध उष्णता व विद्युत ह्यांतही दिसतो, त्या अर्थी विद्युत हीही शक्ति एका प्रकारच्या आंदोलनाचा परिणाम असेल. ह्याप्रमाणें आंदोलनाचें मत हेंच प्रस्तुत काळच्या विद्वानांना संमत आहे. ह्यावरून हेंच मत उद्यां व्यापक अगर खरें ठरेल असें वाटतें.

सांसिद्धिक धर्म किंवा सामान्य धर्म.

जे धर्म पदार्थाच्या घटक प्रकृतीचे असल्यामुळें हरएक पदार्थांत आढळतात, किंवा जे धर्म हरएक पदार्थाच्या प्रकृतीचे निदर्शक होतात, त्यांना पदार्थाचे सांसिद्धिक धर्म ह्मणतात. उदाहरणार्थ **निर्भेद्यता, परिमेयता, विभाज्यत्व,** इ० धर्म पहा.

१०. **निर्भेद्यता.**—पदार्थाच्या प्रकृतीनें कांहीं तरी अवकाश व्यापावा (भरावा), आणि त्या अवकाशांत ती प्रकृति आहे तोंपावेतों दुसऱ्या पदार्थाच्या प्रकृतीचा शिरकाव होऊं नये, हा जो पदार्थाचा धर्म त्यास निर्भेद्यता ह्मणतात.

प्रयोग.—माझ्या समोर हें टेबल आहे. ह्याच्या लांकडाच्या परमाणूंनीं व्यापिलेल्या जागेंत कोणी आपलें बोट

शिरकवून पहा. लांकडाचे परमाणु हे त्यांच्या जागीं खोट शिरकण्याला अडथळा करितात ना ! ह्या टेबलाला कांहीं खिळे मारलेले आहेत, पण ते खिळे लांकडाच्या परमाणूंनीं व्यापिलेल्या जागेंत शिरलेले नाहींत. ह्या खिळ्याजवळचे लांकडाचे परमाणू दोहोंकडे सरल्यामुळें जी जागा रिकामी पडली तींत शिरलेले आहेत.

ह्या टेबलावर ही रिकामी परात ठवून तींत हें पातेलें ठेविलेलें आहे. हें पातेलें तोंडोतोंड पाण्यानें भरून त्यांत हा धोंडा सोडितों. पहा, हा धोंडा जेवढा अवकाश व्यापितो तेवढें पातेल्यांतलें पाणी परातींत सांडलें, तेव्हां हा धोंडा पाण्यांत बुडाला. ह्यावरून धोंडा व पाणी हीं एकाच जागेंत राहिलीं नाहींत. ह्मणजे पाण्याच्या जागेंत धोंडा राहिला नाहीं.

ह्या पाण्याच्या पातेल्यांत ही कांचेची रिकामी शिशी उपडी बुडवितों. पहा, ही तळापावेतों बुडाली तरी हींत पाणी भरत नाहीं. आतां ही पातेल्यांत आडवी करितों. पहा हींतून बुडबुड्यांच्या रूपानें वायु बाहेर पडला, आणि मग ही पाण्यानें भरली. ह्यावरून ही शिशी प्रथम रिकामी दिसली तरी तींत वायु भरलेला होता, ह्मणून उपड्या शिशींत पाण्याला शिरतां आलें नाहीं. शिशी आडवी केल्यानें वायूला वाट मिळाली, तेव्हां त्या रिकाम्या ठिकाणीं पाणी भरलें.

वरील रीतीनें दृढरूप, जलरूप, व वायुरूप, ह्या कोणत्याही रूपाचा कोणताही पदार्थ घेतला, तरी त्याची प्रकृति निर्भेद्य असल्यामुळें तो पदार्थ निर्भेद्य असतो. ह्यावरून एकंदर सृष्टपदार्थ निर्भेद्य आहेत असें ठरतें.

११. **साकारता व परिमेयता.**—पदार्थ जर निर्भेद्य आहेत ह्मणजे अवकाश व्यापणारे आहेत, तर त्यांना त्या अवकाशानुरूप आकार (मूर्ति) असला पाहिजे. तसेंच पदार्थ जर साकार आहेत, तर त्यांना लांबी, रुंदी, व जाडी, ह्या तीन मापांचें आकारमान (घनफळ) असलें पाहिजे. ह्मणजे ते परिमेय (मोजण्याजोगे) असले पाहिजेत. ह्यावरून प्रकृतीचा पदार्थ ह्मटला ह्मणजे त्यांत निर्भेद्यता, आणि परिमेयता, हे दोन धर्म असावयाचेच असें ठरतें.

दृढपदार्थांचे आकार बहुतकरून ओबडधोबड किंवा वांकडेतिकडे असतात, ह्मणून ते भूमितीचे आधारानें मोजतां येत नाहींत. तरी त्यांच्या निर्भेद्यतेवरून तेवढ्याच आकाराचें पाणी घेऊन मोजिलें, ह्मणजे ते सहज मोजिले जातात. जसें,—

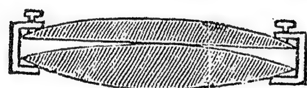
प्रयोग २ रा.—वरच्या प्रयोगांत त्या धोंड्याच्याच आकाराचें पाणी परातींत पडलें आहे, ह्मणून त्या पाण्याच्या आकारमानाएवढेंच त्या धोंड्याचें आकारमान असलें पाहिजे. माझ्या हातांतील पंचपात्रीचा व्यास ३ इंच असून उंची ३ इंच आहे. ह्मणून हिचें घनफळ २१·२०५८ घनइंच येतें. ह्या पंचपात्रीनें परातींतलें पाणी मोजितों. पहा हें चार पंचपात्र्या भरून उणापुरा पाव घनइंच पाणी परातींत राहिलें आहे. ह्यावरून ह्या धोंड्याचें घनफळ सुमारें ८५ घनइंच आहे.

१२. **विभाज्यत्व.**—पदार्थांचे तुकडे करितां यावे, ह्या धर्माला विभाज्यत्व ह्मणतात. अनेक कण मिळून पदार्थ झाले आहेत, असें ह्याच धर्मावरून मानितात.

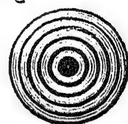
प्रयोग ३ रा.—ह्या घंगाळभर पाण्यांत संध्येच्या पळीभर दूध टाकितों, आणि त्या मिश्रणांतला एक कण सुईच्या टोंकानें नखावर घेतों. पहा ह्या कणांत दुधाच्या पांढरेपणाची झांक दिसत आहे, ह्मणून ह्यांत दुधाचाही बारीक कण असला पाहिजे. ह्या बारक्या दुधाच्या कणामध्यें तूप, खवा, पाणी, व साखर, ह्यांचे कण असून, त्या प्रत्येकामध्यें त्यांचीं घटक जीं मूलतत्त्वें त्यांचे परमाणु असावयाचे. ह्यावरून दुधाचे अणु फार बारीक असून त्यांचे घटकपरमाणु हे अतिशयच बारीक असले पाहिजेत. सुगंधिक तेलाची कुपी अगर कस्तुरीची डबी उघडली असतां त्यांतून सुगंधाचे कण हवेंत पसरतात ते डोळ्यांनीं दिसत नाहींत, तरी ते आपल्या नाकाला समजतात. हे कण व त्यांचे घटकपरमाणु हे किती बारीक असतील बरें?

१३. **न्यूतनाचीं रंगवलयें.**—साबणाच्या पाण्याचा बुडबुडा फुगवीत चालले ह्मणजे त्यावर **जानिआहिपिनाता**, (ह्म० जांभळा, निळा, आस्मानी, हिरवा, पिंवळा, नारिंगी व तांबडा) ह्या रंगांच्या झांकी क्रमानें येत जाऊन जांभळ्या व भोरकाळ्या रंगाची झांक शेवटीं उठली ह्मणजे तो फुटतो. ह्या कार्यावरून न्यूतनाला अशी अटकळ सुचली कीं, ह्या फुग्याभोंवतीं जें साबूच्या पाण्याचें पातळ कवच बनतें, त्याची जाडी कमी कमी होत गेल्यामुळें ह्या वेगळाल्या रंगांच्या झांकी उठत चालतात, तर ह्याच नमुन्यानें कमी कमी जाडी होत जाणारा अवकाश तयार करून त्यांत कोणताही पातळ पदार्थ भरला असता ह्या सगळ्या रंगांच्या झांकी एका क्रमानेंच दिसल्या पाहिजेत

नंतर त्यानें २८ फूट त्रिज्येच्या गोळ्यावरून कापून काढिलेल्या चकतीप्रमाणें एकीकडून फुगीर व दुसरीकडून सपाट असें पातळ भिंग तयार करविलें, आणि ५० फूट त्रिज्येच्या गोलावरून दोन चकत्या कापून काढून त्या सपाट बाजूकडून एकमेकींशीं जोडिल्याप्रमाणें दोन्ही बाजूंकडून फुगीर असें दुसरें पातळ भिंग तयार करविलें. हीं भिंगें उपनेत्राच्या भिंगांप्रमाणें पातळ व सुमारें चवगाभर गर्भीचीं असल्यामुळें त्यांवरची वक्रता हाताला कळे न कळे इतकी थोडी होती. नंतर त्यानें सपाट फुगीर भिंगाच्या सपाटीवर दोआंगी फुगीर भिंग ठेवून त्या जोडाला तिहींकडे मळसूत्री दाब लाविले, आणि त्याच्या कडणीचीं वर्तुळें परस्परांशीं समांतर रहातशीं केलीं (आकृति १ पहा)



आकृति १.—दोन भिंगांमधला वायूचा पातळ थर.



आकृति अ.—न्यूतनाचीं रंगवलयें.

ह्या जोडांत वायु भरलेला होताच ह्मणून हा दिवसाच्या प्रकाशांत पाहतांच त्याच्या मधल्या स्पर्शबिंदुस्थळीं काळाभोर ठिपका दिसला. (आकृति १ पुढील अ.पहा). त्याच्या भोंवतीं फिक्का आस्मानी, पांढरा, पिंवळा, नारिंगी. व खूप तांबडा, ह्या रंगांचीं एककेंद्री वलयें बाहेरच्या क्रमानें दिसलीं. एथें पहिली रंगावळ संपली. हिच्या बाहेरच्या दुसऱ्या रंगावळींत जांभळा, निळा, आस्मानी, हिरवा, पांढरा, पिंवळा, नारिंगी, भडक तांबडा, व किरमिजी तांबडा, ह्या रंगांचीं वलयें क्रमानें दिसलीं.

तिसरींत पारवा, निळा, आस्मानी, हिरवट पिंवळा, आणि तांबडा, अशीं रंगवलयें दिसलीं. चवथींत पारवा-आस्मानीवजा हिरवा, चार हिरवा, पिंवळट हिरवा, आणि तांबडा, अशीं दिसलीं. पांचवींत व सहावींत हिरवट आस्मानी, व फिकातांबडा, अशीं दिसलीं, आणि सातवींत अगदीं फिका, हिरवट आस्मानी, व लालसर पांढरा, अशीं दिसलीं.

एथें दोआंगी फुगीर भिंगाचा व्यास हा १०० फूट घेतलेला होता. आणि वेगळाल्या रंगवलयांच्या त्रिज्या ह्या त्यानें बारकाव्यानें मोजल्या. ह्या मोजदातींवरून तीं तीं रंगवलयें उत्पन्न करणाऱ्या वायूच्या कवचाच्या जाडी ह्या त्यानें गणितानें उत्पन्न केल्या. ह्या जोडामधल्या अवकाशांत वायूच्या जागीं साबणाचें पाणी वगैरे पातळ पदार्थ भरिले, तेव्हां हीं रंगवलयें लहान त्रिज्यांचीं झालीं. ह्यावरून एकच रंगवलय उत्पन्न होण्याला वायूच्या कवचाच्या जाडीपेक्षां साबणाच्या पाण्याच्या कवचाची जाडी किती कमी पुरते हें त्याला कळलें. तसेंच वेगळालीं रंगवलयें उत्पन्न करणाऱ्या वायूच्या कवचाच्या जाडीचें जें प्रमाण तेंच तीं तीं रंगवलयें उत्पन्न करणाऱ्या साबणाच्या पाण्याच्या कवचाच्या जाडींत असतें, व तेंच प्रमाण दुसऱ्या कोणत्याही पातळ पदार्थाच्या कवचाच्या जाडींत असतें असें त्याला कळलें. ह्यावरून साबणाच्या पाण्याच्या फुग्यावर वेगळाल्या झांकी येऊन गेल्यावर तो फुटण्याच्या संधीस त्यावर काळ्या रंगाची झांक येते तेव्हां त्याच्या कवचाची जाडी $\frac{\text{१ इंच}}{\text{२६०००००}}$पेक्षां कमी असते

असें न्यूटनानें सिद्ध केलें. ह्या जाडीच्या कवचांत साबणाच्या पाण्याचा एकेकच कण राहत असला, तर ह्या जाडीचा जो घन तो त्या कणाच्या घनफळाचा सुमार दाखवील. ह्यावरून साबणाच्या पाण्याच्या कणाचें घनफळ हें $\frac{\text{१ घनइंच}}{\text{१७८ परार्ध}}$ ह्यापेक्षांही कमी येतें. ह्या घनफळांत पापडखार, चुना, तेल, आणि पाणी, ह्या चार पदार्थांचे घटक परमाणु असावयाचे, तेव्हां ह्या परमाणूची सूक्ष्मता काय सांगावी बरें !

चलनविचार.

१४. **लक्षणें.**—पदार्थाचें जें एकाच स्थळीं राहणें त्याला **स्थैर्य** ह्मणतात, आणि पदार्थाचें जें एका स्थलाहून दुसऱ्या स्थलीं जाणें त्याला **चलन** किंवा **गति** ह्मणतात.

उदाहरणार्थ हें कागदावर ठेविलेलें वजन पहा. हें स्थिर आहे ह्याला पुढें ढकलून देतों. पहा हें स्थलांतर करीत पुढें चाललें आहे, अर्थात् हें गतिमान आहे.

स्थैर्य व चलन ह्या प्रत्येकाचे प्रकार **संबंधी** व **वास्तविक** असे दोन होतात.

उदाहरणार्थ आपले पुढील टेबल हें खोलींतील पदार्थांच्या संबंधानें पाहतां स्थिर आहे, पण भूगोल हा अहोरात्र गतीनें आपल्या अक्षाभोंवतीं फिरत राहून, शिवाय वार्षिक गतीनें सूर्याभोंवतींही फिरत राहतो. ह्या दोहोंच्या संबंधानें पाहतां हें टेबल गतिमान आहे. भूमि व दुसरे ग्रह ह्यांच्या आकाशांतल्या गति पाहिल्या तर वास्तविक आहेत. वास्तविक स्थैर्य हें सूर्य व तारे ह्यांना देखील आहेच असें ह्मणवत

नाहीं. प्राणी व उद्भिज्जें ह्यामधली प्रकृति सदोदित गतिमान असते, आणि पाषाणादिकांचीही प्रकृति उष्णतेच्या व्यापारानें गतिमान असावी, असें अनुमान होतें. ह्यावरून जें जें उत्पन्न झालें त्यानें त्यानें सदोदित काम करीत असावें, हाच नियम प्रकृतिसिद्ध आहे किंवा स्वाभाविक आहे असें वाटतें.

१५. **वेग व गति ह्यांचे प्रकार.**—पदार्थ प्रत्येक कालमानास समान मार्ग क्रमीत असला ह्मणजे एका कालमानांतील मार्गक्रमणाला **वेग** किंवा चालीचा **दर** ह्मणतात, आणि त्या गतीला **समवेगगति** किंवा **समगति** ह्मणतात. पदार्थ प्रत्येक कालमानास अधिकाधीक मार्ग क्रमीत असला ह्मणजे त्या गतीला **वेग वृद्धीची गति** किंवा **वर्धमान वेगाची गति** ह्मणतात.

१६. **समवेगाची मोजदात.**—पदार्थाच्या समगतीच्या वेगाची मोजदात ही त्याकडून प्रत्येक कालमानांत क्रमिला जाणारा जो मार्ग त्याच्या मानांनीं दाखवितात. आणि काल व मार्ग ह्यांचीं मानें सेकंद व फूट हीं घेतात. ह्यावरून पदार्थाचा वेग ९ आहे, ह्या वाक्याचा अर्थ तो पदार्थ दर सेकंदास ९ फूट चालतो असा होतो. एक पदार्थ १ सेकंदांत ९ फूट मार्ग क्रमितो तर तो २ सेकंदांत ९ × २ इतके फूट मार्ग क्रमील. ह्यावरून वेग, काल आणि मार्ग हे दाखविण्याला **व**, **क**, आणि **म**, हे आदिवर्ण घेतले तर असें येईल कीं,—

$$\text{म} = \text{व}\cdot\text{क} \quad \text{आणि} \quad \text{व} = \frac{\text{म}}{\text{क}}$$

१७. **वर्धमान वेगाची मोजदात.**—पदार्थ वर्धमान वेगाच्या गतीनें चालत असला, आणि कोणत्याही वेळींच्या अगर स्थळींच्या त्याच्या वेगाची मोजदात दाखविणें असली,

तर त्यापुढच्या कालमानांत किंवा स्थलांत तो वेग सम राहिलेला कल्पून, वरच्या समवेगाच्याच नमुन्यानें ती दाखवितात. ह्मणजे त्यापुढें त्या वेगाची वाढ बंद झालेली कल्पितात आणि तो पदार्थ तेवढ्याच समवेगानें चालला असतां पुढच्या प्रत्येक कालमानांत जी त्याची चाल होईल त्या चालीच्या मानांनीं त्या वेगाची मोजदात दाखवितात.

उदाहरणार्थ उतरणीवरून सोडलेला गोळा वाढत्या वेगानें चालत असतो. हा गोळा अमके सेकंदाचे अखेरीस किंवा अमक्या ठिकाणीं पोंचतांना २९ वेगास चढला, ह्याचा अर्थ ह्यापुढें गोळ्याचा वेग वाढला नाहीं तर तो ह्या काळापासून किंवा ह्या ठिकाणापासून दर सेकंदास २९ फूट लांबीचा मार्ग क्रमील असा होतो.

१८. **प्रेरणा.**—स्थिर पदार्थाला गति देणें, गतिमान पदार्थाच्या वेगांत, दिशेंत, बदल करणें, किंवा त्या पदार्थाला स्थिर करणें, हें कार्य ज्यानें घडतें किंवा हें घडविण्याकडे ज्याचा कल असतो, त्या कारणाला **प्रेरणा, जोर, शक्ति,** इ० नामें देतात.

उदाहरणार्थ चेंडू हातानें फेंकला ह्मणजे त्याला गति येते, त्या गतिमान चेंडूला दांडूचा टोला लागला ह्मणजे त्याच्या वेगाच्या मानांत व दिशेंत बदल होतो, आणि तो गतिमान चेंडू हातानें झेलला किंवा भूमीवरून गडबडत गेला ह्मणजे स्थिर होतो. एथें हाताची फेंक, दांडूचा टोला, झेलणाऱ्या हाताचा प्रतिबंध, आणि भूमीचें घर्षण, ह्या प्रेरणा आहेत. पदार्थाचें गुरुत्व, कमानीचें व वायूचें

स्थितिस्थापकत्व, प्रकृतीच्या अणूंमधलें व लोहचुंबकाच्या ध्रुवांमधलें आकर्षकत्व, व प्रतिसारकत्व, ह्याही प्रेरणा प्रसिद्ध आहेत.

१९. **प्रेरणांचे प्रकार.**—प्रेरणांचे प्रकार त्या घडण्याच्या कालावरून **क्षणिक** व **सतत** असे दोन होतात. क्षणिक प्रेरणेचें मान असेल त्याप्रमाणें वेग (अथवा चालकत्व ह्मणजे द्रव्य चालवणारा जोर) एकदांच प्रेरित पदार्थाला मिळतो, ह्मणून हिला **धक्याचा जोर** ह्मणतात. परंतु सतत प्रेरणेचें मान सम (नेमाचें) किंवा विषम (लहान मोठें होणारें) असेल त्याप्रमाणें हिनें नेमक्या मानाचा किंवा उण्याअधिक मानाचा वेग (अगर चालकत्व) प्रतिक्षणीं (व प्रत्येक सेकंदांत) प्रेरित पदार्थाला मिळत जातो, ह्मणून हिला **वर्धक शक्ति** अगर **वृद्धीची प्रेरणा** ह्मणतात.

उदाहरणार्थ, बंदुकीची दारू पेटून तिची वाफ झाली कीं ती एकदम फुगते. ह्या वाफेच्या फुगण्याच्या एकाच धक्यानें तिजपुढील गोळीला बारा पंधराशें फुटांचा वेग येतो. दांडूचा टोला, गोफणगुंड्याची फेंक, इत्यादि प्रेरणा ह्या धक्याच्या आहेत. गुरु पदार्थ पाव अर्ध्या मैलाइतका खालीं आल्यानें त्याच्या गुरुत्वांत फरक होत नाहीं, त्या अर्थी त्या पदार्थावर सतत घडणाऱ्या भूमीच्या आकर्षणाच्याही मानांत फरक होत नसला पाहिजे. ह्या क्षुल्लक अंतरांत जर गुरुत्वाकर्षणाचें मान सम अगर नियमित राहतें, तर ह्या आकर्षणानें जेवढा वेग पहिल्या क्षणीं गुरुपदार्थाला येईल तेवढालाच वेग पुढच्या प्रत्येक क्षणींही त्याला आला पाहिजे. जितके क्षण पहिल्या

सेकंदांत असतील तितकालेच क्षण पुढच्या प्रत्येक सेकंदांत असावयाचे. ह्यावरून गुरुत्वाकर्षणाच्या सतत प्रेरणेनें जो वेग पहिल्या सेकंदांत गुरुपदार्थाला येईल, तो त्याच वेगाच्या दरानें पुढच्या प्रत्येक सेकंदांत वाढत जाईल हें उघड आहे. ह्याप्रमाणें क्षुल्लक अंतरांत गुरुत्वाकर्षण हें नियमित वेगवृद्धीची प्रेरणा असते. आगगाडी चालविणारी वाफेची सतत प्रेरणा ही ही नियमित वेगवृद्धीची असते.

२०. **चालकत्व.**— पदार्थाचें द्रव्य (किंवा त्याशीं प्रमाणांत असणारें पौंडांतलें वजन) आणि वेग ह्यांच्या गुणाकाराला चालकत्व (द्रव्य चालवणारा जोर) ह्मणतात. हें लक्षण आदिवर्णांनीं व पद्धतीच्या रूपानें थोडक्यांत मांडतां येतें तें असें.

च = द्र·व.

उदाहरणार्थ एक औंस वजनाची बंदुकीची गोळी १२०० फूट वेगानें निघाली आहे असें घ्या. बंदुकीचे नळींत दारूचा धूर एकदम फुगून त्याच्या धक्यानें ह्या गोळींतील प्रत्येक कणाला १२०० फूट वेग आला आहे. ह्मणून ही धक्याची प्रेरणा किंवा तिचा द्रव्य चालविणारा जोर हा ह्या वेगाशीं प्रमाणांत असून गोळीच्या द्रव्याशींही प्रमाणांत असला पाहिजे. ह्मणजे प्रेरणा किंवा तिचें चालकत्व = द्रव्य × वेग असला पाहिजे. ह्मणून गोळीचें चालकत्व

$$\text{च} = \text{द्र}\cdot\text{व} = \frac{\text{१पौं}}{\text{१६}} \times \text{१२०० फूट} = \text{७५ फूटपौंड}.$$

एका चेंडूवर एकदम दोन टोले बसले आहेत असें कल्पा.

एथें $च_1 = द्र_1 \cdot व_1$

आणि $च_2 = द्र_2 \cdot व_2$

आतां पहिल्या पद्धतीला दुसरीनें भागलें, आणि दोहीं-तलें चलित द्रव्य एकच आहे, ह्मणजे $द्र_1 = द्र_2$ आहे, ह्मणून त्याचा संक्षेप दिला, तर असें येतें कीं,-

$$\frac{च_1}{च_2} = \frac{व_1}{व_2}$$

ह्याचा अर्थ असा होतो कीं, $च_1 : च :: व_1 : व_2$ ह्मणजे चालकत्व १लीचें: चालकत्व २रीचें :: वेग १लीचा: वेग २ रीचा.

∴ **फल.**—दोन प्रेरणा एकाच द्रव्यावर घडल्या, तर त्यांचीं मानें त्यांच्या चालकत्वांनीं दाखवितां येतील, आणि त्यांच्या वेगांनींही दाखवितां येतील.

२१. **वर्धक प्रेरणा.**—वर्धक प्रेरणा सम असतां तिनें जो वेग एका सेकंदांत प्रेरित पदार्थांत उत्पन्न होतो, त्याला त्या प्रेरणेचें मान ह्मणतात, किंवा तिच्या वेगवृद्धीचा दर ह्मण-तात. उदाहरणार्थ गुरुत्वाकर्षणानें खालीं येणारे पदार्थांत एका सेकंदाचे अंतीं विषुवस्थलीं ३२·०९१ फूट वेग उत्पन्न होतो मुंबई येथें ३२·१०९ फूट वेग उत्पन्न होतो, ४५ अक्षां-शावर ३२·१७२ फूट वेग उत्पन्न होतो, लंदन येथें ३२·१९१ फूट वेग उत्पन्न होतो, आणि ध्रुवस्थलीं ३२·२५५ फूट वेग उत्पन्न होतो. ह्या संख्या त्या त्या स्थळींच्या गुरुत्वाकर्षणाचीं मानें (ह्मणजे वेगवृद्धीचे दर) दाखवितात. कारण ह्याच वेगोत्पत्तीनें प्रतिबंधित पदार्थाचा भार प्रत्येक सेकंदास प्रति-बंधावर लागू होतो, आणि मोकळ्या पदार्थाचा वेग प्रत्येक से-

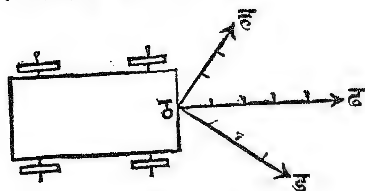
कंदास वाढत जातो. हें गुरुत्वाकर्षणाचें मान दाखविण्याला मुख्यत्वें ग घेतात. आणि कोणत्याही सतत प्रेरणेच्या वृद्धीचें किंवा उत्पत्तीचें मान दाखविण्याला वृ किंवा उ घेतात.

२२. **चालक प्रेरणा.**—पदार्थाचें द्रव्य आणि त्यावरच्या प्रेरणेचें मान (वेगवृद्धीचा दर) ह्यांच्या गुणाकाराला **चालक प्रेरणा** (चालकत्वाच्या वृद्धीचें मान) ह्मणतात.

उदाहरणार्थ घांटमाथ्यावरच्या एका स्थळीं गुरुत्वाकर्षणाचें मान ३२ फूट आहे असें घ्या. ह्या आकर्षणाच्या मानानें नेमलेल्या द्रव्याला जर १ पौंड भार येतो, आणि एका सेकंदाचे अंतीं ३२ फूट पौंड चालकत्व येतें, तर दुप्पट द्रव्याला १ दुणें पौंड भार आला पाहिजे, आणि ३२ दुणें फूटपौंड चालकत्व आलें पाहिजे. तसेंच हा पदार्थ जर घांटाखालीं मुंबईच्या समुद्रतीरीं नेला, किंवा उत्तरेस लंदन येथें किंवा ध्रुवस्थळीं नेला, तर तेथले गुरुत्वाकर्षणाचेंहीं मानानें ह्याचा भार वाढला पाहिजे, व चालकत्वाच्या वाढीचा दरही वाढला पाहिजे हें उघड आहे. ह्मणून पदार्थाचा भार, व चालकत्वाच्या वृद्धीचा दर, हीं दाखविण्याला **द्र·ग** घेतात, व त्याला चालकप्रेरणा ह्मणतात.

२३. **प्रेरणा दर्शाविणें.**— प्रेरणा ही कोणाला दिसत नाहीं, तिचें चलनविषयक कार्य दिसतें, अगर स्थैर्यविषयक कार्य दिसतें. ह्या प्रत्येक कार्याला स्थान, दिशा, व मान, अशीं तीन अंगें असतात, त्यांनाच त्यांच्या प्रेरणांचींही अंगें ह्मणतात. कोणतीही प्रेरणा दर्शाविणें असली ह्मणजे हींच तीन अंगें दाखविणारी तिराची रेषा काढून

तिनें दाखवितात, आणि ती रेषा त्या प्रेरणेच्या जागीं विचारांत घेतात.

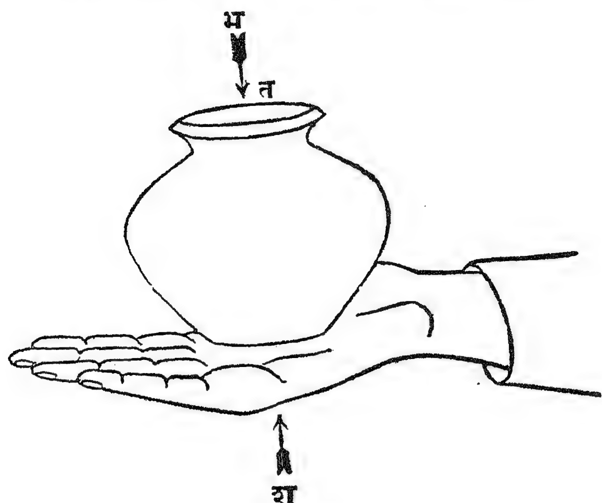


आकृति २ री.

उदाहरणार्थ बाजूस दाखविलेल्या मुलांच्य गाडीला ठ ठिकाणीं दोन दोऱ्या बांधून दोन मुलगे तिर्कस रेषांनीं ओढीत आहेत, आणि त्या ओढी विचारांत घेणें आहेत असें कल्पा. ह्यांपैकीं पहिला मुलगा ठड दिशेंत दर सेकंदास ४ फूट प्रमाणें जातो, आणि दुसरा मुलगा ठह दिशेंत दर सेकंदांत ३ फूटप्रमाणें जातो असें घ्या. येथें ठ ठिकाणापासून ड आणि ह ह्या दिशांकडे जाणाऱ्या दोन तिरांच्या रेषा काढतात, ह्यांच्या लांब्या ४: ३ ह्याप्रमाणें घेतात, आणि त्या वेग अगर चाली दाखविणाऱ्या तिरांनीं दोन्ही मुलांच्या ओढी दाखवितात. ह्या ओढी ठड आणि ठह अशा दिशांच्याच धोरणानें किंवा आद्यंताच्याच क्रमानें वाचतात, आणि ह्या वाचणीवरून प्रत्येक ओढीचें स्थान, दिशा व मान हीं तिन्ही अंगें मनांत आणतात. ही गाडी जर एकटाच मुलगा समोर ओढून चालवीत असला, तर त्याची ओढही वरच्याच रीतीनें ठढ तिरानें दाखवितात.

दुसरें.— बाजूस दाखविलेला मनुष्याच्या हातावरील तांब्या त हा तीन शेर वजनाचा असून, त्या तांब्याचें स्थैर्य विचारांत घेणें आहे असें कल्पा. येथें त तांब्याचा भार व ह हाताची शक्ति ह्या दोन विरुद्ध प्रेरणा लागू आहेत.

ह्यांपैकीं हाताची शक्ति जर तांब्याच्या भारापेक्षां कमी अगर जास्ती असली, तर तो तांब्या खालीं किंवा वर



आकृति ३ री.

सरला पाहिजे, पण तसें होत नाहीं. ह्मणून तांब्याचा भार **भत** ह्या तीन मानांच्या तिरानें दाखवितात, आणि हाताची शक्ति ही तेवढ्याच मानाच्या व विरुद्ध दिशेच्या **शह** तिरानें दाखवितात.

२४. **फलित प्रेरणा, संयोजन,** व **वियोजन.**—अनेक प्रेरणांचेंच कार्य करणारी जी एक प्रेरणा तिला त्यांचें **संयुक्तफल** ह्मणतात. आणि हें संयुक्तफल शोधण्याच्या कृत्याला **संयोजन** ह्मणतात. तसेंच एका प्रेरणेचेंच कार्य करणाऱ्या ज्या अनेक प्रेरणा त्यांना तिचीं **वियुक्तफलें** ह्मणतात. आणि हीं वियुक्तफलें शोधण्याच्या कृत्याला

वियोजन ह्मणतात. संयुक्तफल आणि वियुक्तफल ह्यांना **फलित प्रेरणा** ह्मणतात.

उदाहरणार्थ—सदरच्या गाडीला ज्या वेगानें व ज्या दिशेनें **ठड** व **ठह** ह्या दोन प्रेरणा (ओढी) चालवीत आहेत त्याच वेगानें व दिशेनें **ठढ** प्रेरणा चालवीत आहे, तर **ठढ** प्रेरणा ही **ठड** व **ठह** ह्याचें संयुक्तफल ह्मटली जाईल, आणि **ठड** व **ठह** ह्या प्रेरणा **ठढ**चीं वियुक्तफलें ह्मटल्या जातील.

न्यूतनाचे चलन नियम.

२५. ज्यांच्या आधारें चलनासंबंधी एकंदर नियम सिद्ध करितां येतील असे तीन व्यापक नियम किंवा प्रत्यक्ष प्रमाणें प्रथम न्यूतनानें शोधून काढिलीं, आणि त्यांच्या आधारें हा चलन विषय पूर्ण शास्त्राच्या रूपानें प्रथम लिहून न्यूतनानें जगाला शिकविला, ह्मणून ह्यांना न्यूतनाचे चलन नियम ह्मणतात. विशेष परीक्षापूर्वक सामान्य शोधणें ह्यालाच आकलन किंवा व्याप्ति ह्मणतात. ह्या आकलनाचीं हीं प्राचीन व मासलेवाईक उदाहरणें आहेत. ह्या तिहींपैकीं कोणत्याही नियमाचें उदाहरण घेतलें, तरी त्यांत दुसऱ्या नियमांची प्राप्ति होतेच असे हे नियम अन्योन्याश्रयी आहेत, ह्मणून ह्यांना एकाच नियमाचे पोटभाग समजतात. ह्यांत चलन विषयाचा समावेश होत असून शिवाय स्थैर्य विषयाचाही समावेश होतो असे हे मोठे व्यापक आहेत. ह्या नियमांच्या सत्यतेला अनुभवाच्या पुराव्यांची थोडीशी कोताई आढळते. तरी हे सिद्धवत स्वीकारिले असतां, चंद्रग्रहणासारख्या बिकट

गणितांचे विचार ठरून त्यांच्या साह्यानें जीं भावी भाकितें ठरविलीं जातात तीं सेकंदापावेतों खरीं ठरतात, ह्यामुळें ह्यांच्या खरेपणाविषयीं शंका घेण्याला जागाच राहत नाहीं. असल्या व्युत्क्रम प्रमाणांवरून हे नियम निर्विवादपणें खरे ठरलेले आहेत.

२६. **चलन नियम १ ला.**—बाह्य प्रेरणा घडली नाहीं तर स्थिर पदार्थ स्थीरच राहील, आणि चालणारा पदार्थ मूळच्या वेगानें, व सरळ मार्गानें, सतत चालत राहील.

पदार्थ स्थिर असो का चालत असो त्या अवस्थेंत बाह्य प्रेरणेवांचून बदल होऊं नये, हा जो पदार्थाचा सामान्य धर्म त्याला जडत्व ह्मणतात. हाच सामान्य धर्म वरच्या नियमांत सांगितलेला आहे. अनुभव पाहिला तर भूपृष्ठावरचे स्थिर पदार्थ वर्षानुवर्ष आपआपल्या जागीं स्थिर राहतांना आढळतात. तरी समवेगानें व सरळ रेषेनें सतत चालत राहिलेला पदार्थ एक देखील आढळत नाहीं. कोणत्याही पदार्थाला गति द्या तो हातांतून नेमलेल्या वेगानें सुटला, तरी तो त्याचा वेग हळूहळू कमी होऊन, व त्याची दिशा भूमीकडे नमती होऊन, सरतेशेवटीं तो स्थिर होतो, असेंच नेहमीं पाहण्यांत येतें. ह्यावरून चालणारे पदार्थाचा कल स्थिर होण्याकडे असावा असें प्रथम दर्शनीं वाटतें. पण वस्तुस्थिति पाहिली, तर पदार्थाची जी समवेगाची सरळ व सतत गति ती बाह्य प्रेरणा नसेल तेथें आढळावयाची, हा वरील नियमाचा किंवा धर्माचा आशय असून, ह्या जगांत तर बाह्य प्रेरणेखेरीज अवस्था

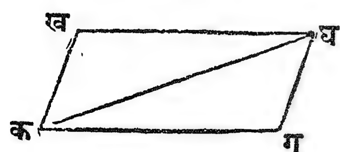
मुळींच आढळत नाहीं. गति ह्मटली कीं तेथें भूमीचें आकर्षण, वायूचा प्रतिबंध, अवयवांचें घर्षण, इत्यादि बाह्य प्रेरणा हटकून उभ्या राहतात. ह्या बाह्य प्रेरणांनीं जर गतीचा वेग कमी झाला, तिचा मार्ग वांकडा झाला, व तिचें सातत्य कमी झालें, तर त्यानें वरील नियमाला किंवा धर्माला बाध कसा येईल ?

दुसरें वायूंत फेंकलेल्या कागदाच्या कपट्यापेक्षां त्याची गोळी अधिक वेळ पुढें जाते. अंगणाच्या खडबडीत सपाटीपेक्षां बर्फाच्या गुळगुळीत सपाटीवर फेंकलेला गोळा पुष्कळ वेळपावेतों सरळ चालत राहतो. खिळ्याच्या जाड टोंकापेक्षां बारीक व गुळगुळीत टोंकावर समतोल केलेलें कुंभाराचें चाक पुष्कळ वेळ फिरत राहतें. वायूंतल्यापेक्षां निर्वात देशांत फिरविलेला जायरास्कोप (जंगी भिंगरा) पुष्कळ वेळ फिरत राहतो. ह्याप्रमाणें वायूचा प्रतिबंध, भूमीचें घर्षण, व अवयवांमधील घर्षण, ह्या बाह्य प्रेरणा कमी केल्यानें पदार्थ पुष्कळ वेळ पावेतों चालत राहतात ह्यावरून भूमीचें आकर्षण बंद पडलें तर पदार्थ, सरळ रेषेनें सतत चालत राहतील हें उघड आहे. तेल्याच्या घाण्याला बांधलेला बैल सरळ पुढें जात असतो, तरी मानेवरील जोकडाच्या प्रतिबंधानें बैलाच्या चालीचा रोख त्याच्या वर्तुल मार्गाच्या स्पर्शरेषेकडे कलत जातो. तसाच सरळ फेंकलेल्या पदार्थाचा रोख भूमीच्या आकर्षणानें त्याच्या मार्गाच्या स्पर्शरेषेकडे कलत जातो. आपण गुंडा घालून गोफण फिरवितों तेव्हां त्या गुंड्याचाही रोख त्या गोफणीच्या गरक्याच्या प्रत्येक बिंदुस्थळीं तेथल्या स्पर्श-

रेषेकडे कलत असतो, ह्मणून त्या गरक्याच्या यथायोग्य स्थळीं शेंडा सोडून गुंडा मोकळा केला, ह्मणजे तो गुंडा तेथल्या स्पर्शरेषेनें चालू लागून निशाणाचे जागीं पोंचतो. भिंगरी पाण्यांत भिजवून फिरविली ह्मणजे तिच्या गरक्यावरच्या उदकबिंदूंवर तेथील कणांचें आकर्षण जोराचें नसतें ह्मणून ते त्या त्या स्थलींच्या स्पर्शरेषांनींच बाहेर उडतात. सारांश प्रेरित पदार्थावर दुसरी प्रेरणा घडली तरच त्याची गति नाहींशी होते, क्षीण होते, किंवा वक्रमार्गी होते, आणि ती दुसरी प्रेरणा कमी झाली कीं पदार्थाच्या गतीचा सततपणा वाढून तिचा मार्गही सरळ होत जातो, तर मूळच्या एकट्या प्रेरणेनें येणारी जी गति ती सतत व सरळ अशीच असली पाहिजे. स्थिर पदार्थाला गति येण्याला व चालणाऱ्या पदार्थाच्या गतींत बदल होण्याला जर बाह्य प्रेरणा लागते, तर एकंदर पदार्थ जड आहेत किंवा न्यूतनाचा १ लाच नि० खरा आहे हें सिद्ध आहे. ह्यावरून पदार्थाच्या स्थैर्यांत किंवा चलनांत बदल आढळला कीं, तेथें बाह्य प्रेरणा शोधावयाची, आणि स्थिर किंवा गतिमान पदार्थावर प्रेरणा आढळली कीं, तिचा परिणाम शोधावयाचा, ह्या गोष्टी सुचाव्या हाच उद्देश न्यूतनाचा १ ला च. नि. किंवा पदार्थाचा जडत्व धर्म सांगण्यांत आहे हें लक्ष्यांत ठेवा.

२७. **चलन नियम २ रा.**—चालणाऱ्या (किंवा प्रेरित) पदार्थावर एक किंवा अनेक प्रेरणा घडल्या, तर तो पदार्थ पूर्वीच्या वेगानें चालतांना नव्याही वेगांनीं चालतो. ह्मणजे ह्या प्रत्येकीच्या दिशेंत जिच्या तिच्या वेगानें चालतो.

उदाहरणार्थ—आपण आगगाडीच्या डब्यांत **क** स्थळीं एका बाजूशीं टेकून बसलों आहों (आकृति ४ पहा), आणि



आकृति ४ थी.

ती गाडी **कग** मानाच्या वेगानें (दर सेकंदास **कग** इतके फूट प्रमाणें) उजवीकडे जात आहे. अशा वेळीं जर एकाच सेकंदानें समोरच्या बाजूंतील नेमलेल्या **ख** स्थळीं आपटावें अशा बेतानें आपण क्षितिजसमांतर रेषेनें लिंबू फेंकिलें, तर त्या लिंबाची चाल त्या डब्यांतल्या पाहणाराला त्या **क ख** रेषेंतच दिसते. परंतु डब्यांतली **क ख** रेषा ही आगगाडीच्या वेगानें त्या एका सेकंदांत भूपृष्ठावरच्या **कख** रेषेपासून **गघ** रेषेपावेतों उजवीकडे जात असते. ह्यावरून **क** स्थलापासून फेंकलेलें जें लिंबू तें चलन नि० १ प्रमाणें आगगाडीच्या वेगानें ह्या चालणाऱ्या रेषेबरोबर **कग** मार्ग चालत असून, त्याला आपण दिलेल्या वेगानें ह्या चालणाऱ्या रेषेंतून समोरही जात असतें. ह्यावरून त्या लिंबाची चाल भूपृष्ठावरच्या **कघ** रेषेनें होत असून एका सेकंदाचे अंतीं तें **घ** स्थळीं जातें. ह्याप्रमाणें हें लिंबू आगगाडीबरोबर मिळालेल्या **कग** वेगानें उजवीकडे व आपण दिलेल्या **कख** किंवा **गघ** ह्या वेगानें समोरच्या बाजूकडे असें प्रत्येक वेगानें प्रतिक्षणीं चालल्यामुळें **कघ** मार्गानें चालतें. अथवा हें **कघ** मार्गांतून चालल्यामुळें ह्याची चाल **कग** वेगानें उजवीकडे, व **कख** वेगानें समोरच्या बाजूकडे अशी प्रत्येक वेगानें प्रतिक्षणीं होते हीच गोष्ट वरील नियमांत सांगितली आहे.

ह्या लिंबाची **कग** वेगाची चाल ही **कग** दिशेंत व्हावयाची ह्मणजे **कग**शीं समांतर असणाऱ्या रेषांत व्हावयाची, ह्मणून ह्या लिंबाच्या **कग** ह्या दिशेंतल्या पहिल्या क्षणींच्या चालीची रेषा **कग** आणि शेवटच्या क्षणींच्या चालीची रेषा **खघ** ह्या परस्पर समांतर आहेत. तसेंच ह्या लिंबाची **कख** वेगाची चाल ही **कख** दिशेंत व्हावयाची ह्मणून ह्या लिंबाच्या ह्या दिशेंतल्या पहिल्या क्षणींच्या चालीची रेषा **कख** आणि शेवटच्या क्षणींच्या चालीची रेषा **गघ** ह्या परस्पर समांतर आहेत. ह्यावरून **कखगघ** हा समांतरभुजचौकोन आहे. तसेंच **कग** आणि **कख** ह्या वेगदर्शक रेषांनीं ज्या प्रेरणा दाखविल्या जातात त्या दोहोंनीं मिळून ह्या लिंबाला येणारा वेग **कघ** कर्णरेषा दाखविते. ह्मणजे **कग** आणि **कख** ह्यांची संयुक्तप्रेरणा **कघ** दाखविते. ह्मणून—

२८. फल १ लें.—**वेगाच्या समांतरभुजचौकोनाचा नियम.**—पदार्थावर घडणाऱ्या दोन प्रेरणांच्या वेगाचीं स्थानें, दिशा, व मानें, हीं एकाच बिंदूतून निघणाऱ्या दोन सरळ रेषांनीं दाखवून त्यांवर समांतरभुजचौकोन केला, तर त्याची त्याच बिंदूतली जी कर्णरेषा ती त्यांच्या संयुक्त प्रेरणेचें स्थान, दिशा, व मान, हीं तिन्ही अंगें दाखवील.

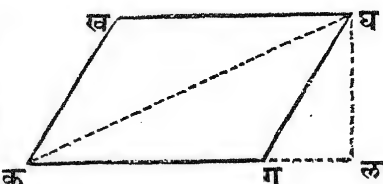
ह्या नियमानें प्रेरणांचें (किंवा वेगांचें) संयोजन व वियोजन अशीं दोन्ही उलट सुलट कृत्यें करितां येतात.

संयोजन.

२९. उदाहरण एक आगबोट दर सेकंदास ४० फूट

प्रमाणें वेगानें समुद्रांतील प्रवाहानें चालत आहे, आणि तींतील वाफेची प्रेरणा त्या प्रवाहाशीं ६० अंशांच्या कोनानें तिला दर सेकंदास २८ फूट प्रमाणें वेगानें चालवीत आहे. तर ह्या दोहों मिळून ती केवढ्या फलित वेगानें चालेल ?

कृत्य.—प्रवाहाची प्रेरणा (वेग) दाखविण्याला **कग** ४० मापें घ्या, तिशीं ६०° च्या कोनानें वाफेची प्रेरणा दाखविण्याला **कख** २८ मापें घ्या, आणि त्यांवर समांतरभुज चौकोन करून **कघ** कर्ण सांधा, ह्मणजे ती **कग** व **कख** ह्याचें संयुक्तफल स्थान, दिशा, व मान, ह्या तिन्ही अंगांनीं दाखवील. **कघ**ची लांबी वरील मापानें मोजतां सुमारें ९९। मापें भरते. ह्याप्रमाणें हें संयुक्तफल कृत्यानें सांपडतें.



आकृति ५ वी.

गणित.—**कघ**ची लांबी ही गणितानें तंतोतंतपणें उत्पन्न करण्यासाठीं ह्या चौकोनाची **कग** बाजू वाढवून तीवर **घल** लंब करा. आतां प्रवाहाचा वेग **कग**=४० फूट, वाफेच्या प्रेरणेचा वेग **कख** किंवा **गघ**=२८फूट, ∠**खकग**=∠**घगल** =६०°, आणि ∠ल =९०°. ह्यावरून ∠**गघल** हा ३०° चा असला पाहिजे, **गघल** हा काटकोनत्रिकोण समभूज त्रिकोणाचें अर्ध असला पाहिजे, आणि त्याची बाजू **गल** ही **गघ** समभुजाचे निमें १४ फूट असली पाहिजे. ह्मणून यु० १।४७ प्रमाणें **गलघ** काटकोनत्रिकोणांत

घलं^{2} = **गघं**^{2} − **गलं**^{2}
= ७८४ चौ. फूट.−१९६ चौ. फू.
= ५८८ चौ. फू.

तसेंच **कलघ** ह्या काटकोन त्रिकोणांत

कल = ४० फूट + १४ फूट=५४ फूट ह्मणून.

कघं^{2} = **कलं**^{2} + **घलं**^{2}.
= २९१६ चौ.फूट + ५८८ चौ.फूट
= ३५०४ चौ.फूट

∴ **कघ** = ५९·२९ फूट हें उत्तर.

ह्मणजे ही आगबोट दर सेकंदास ५९·२९ फूट एवढा संयुक्त वेग दाखविणाऱ्या **कघ** कर्णरेषेनें चालत राहील.

वरच्या उदाहरणांतल्या आगबोटीवर शीड उभारून तिसरी वाऱ्याची प्रेरणा लागू केली, तर पहिल्या दोन प्रेरणांचें संयुक्तफल व ही तिसरी प्रेरणा ह्यांचें जें संयुक्त फल येईल तें ह्या तिन्ही प्रेरणांचें संयुक्त फल दाखवील कारण ह्या संयुक्तफलानें आगबोट चालणें ह्याचा अर्थ पहिल्या दोन व ही तिसरी ह्या प्रत्येक प्रेरणेच्या दिशेंत तिच्या तिच्या वेगानें चालणें असाच होतो. ह्याप्रमाणें न्यूतनाचा २ रा चलन नि० हा पाहिजे तितक्या प्रेरणांवर लागू होतो, आणि त्या सर्वांचें संयुक्तफल कोणत्याही क्रमानें काढितां येतें, हें लक्षांत ठेवावें.

२९ भूमीची दिनगति व वार्षिकगति यांचें संयुक्तफल **च . नि**. १ प्रमाणें पक्ष्यांमध्यें असतें, ह्मणून त्यांना भूमि स्थिर असल्याप्रमाणेंच पाहिजे तिकडे जातां येतें. ह्याप्रमाणें पक्ष्यांचें उडणें हें तीन प्रेरणांच्या संयोजनाचें उदाहरण आहे.

पळणाऱ्या घोड्याच्या पाठीवरचा कसरत करणारा मनुष्य उंच धरलेल्या कड्यांतून उडून बेतानेंच घोड्याच्या पाठीवर उतरतो, तेव्हां आपणाला मोठा चमत्कार वाटतो. परंतु ह्यांतील वास्तविक प्रकार पाहिला तर घोडा कड्याशीं आला, ह्मणजे त्यावरचा कसरती नुसता लंब रेषेनें उंच उडतो. ह्या उंच उडण्यामुळें त्याचा घोडा कड्या खालून पुढें जातो आहे, तो त्या घोड्याचा जो वेग **च.नि. १** प्रमाणें कसरतीचे आंगांत असतो तो त्याला त्या कड्यांतून त्या घोड्याचेच बरोबर पुढें नेतो, आणि भूमीचें आकर्षण हें त्याला आयतेंच त्या घोड्याच्या पाठीवर उतरवितें. आपण चालणाऱ्या आगगाडीच्या डब्यांत नुसते उंच उडतों तेव्हां त्या उडीच्या वेळांत तें स्थळ दहा वीस फूट पुढें जातें तरी भूमीच्या आकर्षणानें तेथेंच खालीं उतरतों, तसलाच हा प्रकार आहे. हीं दोन उदाहरणें भूमीची दिनगति व वार्षिकगति, घोड्याची किंवा आगगाडीची गति, मनुष्याचें उंच उडणें, आणि भूमीचें आकर्षण, अशा पांच प्रेरणांच्या संयोजनांचीं आहेत. ह्या प्रमाणें दुसरा **च.नि.** हा भिन्न रेषांतल्या प्रेरणांना लागू होणारा व एका रेषेंतल्याही प्रेरणांना लागू होणारा असा सामान्य आहे, ह्यावरून वेगांच्या समांतरभुज चौकोनाचा नियमही असाच सामान्य असला पाहिजे.

३०. प्रकार २ रा.—एका रेषेंतील वेगांचें संयोजन.— चार काड्यांचा ढळता बांधलेला समांतरभुज चौकोन घेऊन, त्याच्या बाजूंमधला कोन लहान करीत चालावें, ह्मणजे कर्णरेषा मोठी होत चालते. ह्या कृतींत मधला

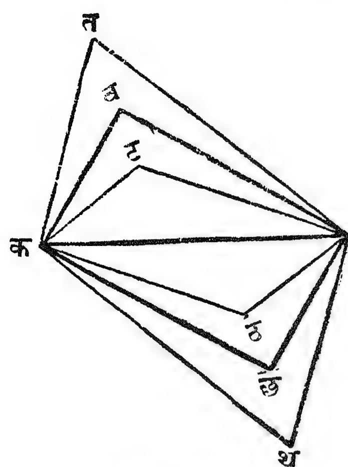
कोन शून्य होऊन दोन्ही बाजू एकाच दिशेंत आल्या, ह्मणजे ती रेषा त्या बाजूंच्या बेरजेइतकी होते. समांतरभुज चौकोनाच्या दोन बाजूंनीं दोन प्रेरणांचे वेग दाखविले जातात, ह्यावरून—

फल २ रें.—पदार्थावर एकाच दिशेंतल्या दोन प्रेरणा घडल्या, तर त्याला त्यांच्या वेगांच्या बेरजेइतका संयुक्त वेग येईल. अर्थात दोन्ही प्रेरणा समान असल्या, तर पहिल्या वेगाच्या दुप्पट संयुक्त वेग येईल.

ही गोष्ट स्वतंत्र विचारानेंही दिसून येते. ह्या विचारासाठीं असें कल्पा कीं, आगगाडी दर सेकंदास १२ फूट प्रमाणें वेगानें पूर्वेस जात आहे, आणि तिच्या डब्यांतल्या मनुष्यानें त्याच दिशेंतल्या १२ फुटांवरच्या तक्त्यावर एका सेकंदानें आपटावें ह्मणून १२ फुटांच्याच वेगानें पूर्वेस क्षितिज समांतर रेषेनें लिंबू फेंकलें आहे. हें लिंबू **च. नि.** १ प्रमाणें आगगाडीच्या वेगानें तिजबरोबर १२ फूट चालतांना आपण दिलेल्या वेगानें आणखी १२ फूट चालावयाचें. ह्मणून ह्या लिंबाची ह्या एका सेकंदांतील चाल आगगाडीच्या डब्यांतल्या मनुष्याला ती गाडी स्थिर असल्या प्रमाणें १२ फूटच झालेली दिसेल, तरी भूपृष्ठावरच्या मनुष्याला ती २४ फूट झालेली दिसेल हें उघड आहे. हीच गोष्ट वरील फलांत सांगितली आहे.

वियोजन.

३१. दिलेला वेग (किंवा संयुक्त वेग) दाखवणारी रेषा ही कर्ण समजून तिजवर समांतर भुज चौकोन

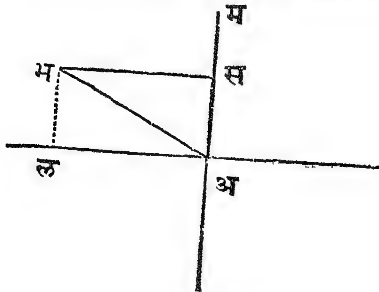


आकृति ६ वी.

केला, तर त्या चौकोनाच्या दोन बाजू त्या वेगाचीं दोन वियुक्त फलें दाखवितील, हा उलट प्रकार समांतरभुजचौकोनाच्या नियमावरून सिद्ध आहे. येथें प्रेरणास्थान हें तिहींचें एकच असल्यामुळें दिलेलें असतें. राहिल्यापैकीं कर्णानें दाखविलेल्या वेगाची दिशा व मान ह्या २ अंगांपासून दोहों बाजूंनीं दाखविले जाणाऱ्या वेगांच्या दोन दिशा व दोन मानें अशीं ४ अंगें शोधणें असतात, ह्मणून त्यांचे अनेक जोड उत्पन्न होतात. उदाहरणार्थ— बाजूस दाखविलेल्ले **कप** च्या वियुक्त फळांचे जोड **कच** व **कछ**, **कट** व **कठ**, आणि **कत** व **कथ**, हे पहा. तथापि ह्या चार अंगांपैकीं दोहोंच्या दिशा किंवा एकीची दिशा व दुसरीचें मानअशीं दोन अंगें आणखी दिलेलीं असलीं, ह्मणजे इच्छिलेला एकच जोड उत्पन्न होतो. ह्या पैकीं एका वियुक्तफलाची दिशा नेमलेली असून दुसऱ्याची तिशीं काटकोनांत असावी, हा वरच्या दोन प्रकारांतील पहिल्याचा विशेष प्रकार आहे. ह्याच प्रकारानें लहान मुलें कोललेल्या विटीच्या चालीचें वियोजन करीत असतात. इतका हा सहज सुचणारा असल्यामुळें ह्याचाच उपयोग ह्या शास्त्रांत

विशेषेंकरून होतो, ह्मणून हाच प्रकार येथें विचारांत घेऊं.

विटीदांडूचा खेळ सुरू होतांना **अ** ह्या आगलीपासून **अम** मार्गानें विटी कोलावी असें ठरवून त्या मार्गांत झेल-णारे मुलगे उभे राहतात. ह्या वेळीं जर खेळणारानें भल-



आकृति ७ वी.

त्याच **अभ** मार्गानें विटी कोलली, तर समोरचा मुलगा ह्या **भ** स्थळापासून **अ** आगलींतला दांडु टिपीत नाहीं. तेथून **अम** मार्गावरतीं **भस** हा सहीसुमार (लंब) काढतो, आणि त्या **स** ठिकाणापासून आगलींतला दांडु टिपतो. येथें **अम** मार्गाशीं काटकोनांत **अल** रेषा काढून तीवर **भल** लंब केला, ह्मणजे **अभ** कर्णावर **असलभ** हा समांतरभुजचौकोन होतो, आणि **अभ** चालीचीं वियुक्त-फलें **अस** व **अल** हीं निघतात. ह्यांपैकीं **अम** मार्गांतली चाल **अस** ही समोरचा खेळणारा **सही** (कबूल) करतो; आणि त्याच्या काटकोनांतील चाल **अल** ही तो सोडून देतो. ह्याप्रमाणें **अभ** चालीचें वियोजन नेमलेली दिशा व तिशीं काटकोन करणारी दिशा ह्या दोहोंत करणें हेंच ह्या सहीसुमाराचें तत्त्व आहे. ह्याचा उप-योग ह्या शास्त्रांत बहुत होतो ह्मणून हें तत्त्व लक्षांत ठवा.

समान वेगवृद्धीचें चलन.

३२. **नियम**.— पदार्थावर सममानाची सतत प्रेरणा घडली तर तिनें त्याचा वेग समान मानानें (एकाच दरानें) वाढत जाईल, आणि त्या वेगवृद्धीचा दर व कालमानें ह्यांच्या गुणाकारा इतकाल्या वेगानें तो पदार्थ त्यात्या कालमानाच्या अंतीं चालूं लागेल.

ह्मणजे वेगवृद्धीचा दर वृ किंवा **ग** ह्मटला, कालाचे सेकंद **क** ह्मटले, आणि अत्यंत वेग **व** ह्मटला, तर असें येईल कीं,—

$$\text{व} = \text{ग}\cdot\text{क} \qquad \dots\dots\dots\dots \quad १$$

उदाहरणार्थ पदार्थाचें पतन हें थोड्याच अंतरांतून घडतें. असल्या थोड्या अंतरांत भूमीच्या गुरुत्वाकर्षणाचें मान सम असतें. भूमीचें आकर्षण सम मानानें घडत आहे, तर यानें आधारापासून सुटलेल्या पदार्थांत जेवढा वेग पहिल्या क्षणीं (सूक्ष्मतम कालांत) उत्पन्न होईल, तेवढाल्याच वेग पुढच्या प्रत्येक क्षणीं उत्पन्न होत जाईल. क्षणांची संख्या ही प्रत्येक सेकंदांत समान असावयाची, ह्मणून आधारापासून सुटलेल्या पदार्थांत भूमीच्या आकर्षणानें पहिल्या सेकंदांत **ग** (सुमारें ३२ फूट) वेग उत्पन्न झाला, तर तेवढालाच वेग पुढच्या प्रत्येक सेकंदांत उत्पन्न होत जाईल हें उघड आहे. प्रेरित पदार्थ **च.नि.** २ प्रमाणें मूळच्या वेगानें चालून नवीन वेगानेंही चालावयाचा. ह्मणून भूमीनें आकार्षिलेला पदार्थ पहिल्या सेकंदाचे अंतीं **ग** वेगानें चालला तर तो २ ऱ्या सेकंदाचे अंतीं **२ग** वेगानें चालेल. ३ ऱ्या सेकंदाचे अंतीं **३ग** वेगानें चालेल इ० नियम खरा ठरला. हा नियम कोणत्याही सममानाच्या सतत प्रेरणेशीं खरा असावयाचा, ह्मणून वेगवृद्धीचा दर वृ किंवा **ग** घेऊन सामान्यरूपानें मांडलेला वरील नियम खरा आहे.

उदाहरण—सह्याद्रीच्या कड्यावरील झाडाचा आंबा डेंखापासून सुटला आहे, तो $\frac{1}{4}$ सेकंदानें, $१\frac{३}{८}$ सेकंदांनीं व ४ सेकंदांनीं केवढाल्या वेगानें चालूं लागेल?

येथें १ला, २रा आणि ३रा, ह्या अंत्यवेगांना $व_1$, $व_2$ आणि $व_3$ ह्मटलें तर वरच्या पद्धतीनें हीं तिन्ही उत्तरें येतात. जशीं—

$व_1$ = वृ.क = ३२ फूट × $\frac{1}{4}$ = ८ फूट.

$व_2$ = ३२ फूट × $\frac{११}{८}$ = ४४ फूट.

आणि $व_3$ = ३२ फूट × ४ = १२८ फूट.

३३. नियम २रा.—उंचीवरून पडलेला पदार्थ जेवढ्या वेगानें एखाद्या ठिकाणीं पोंचेल तेथून तो तेवढ्याच वेगानें परत फेंकला तर तो त्या पतन मार्गांतल्या प्रत्येक स्थलांतून जेवढाल्या जमलेल्या वेगानें खालीं आला असेल तेवढाल्याच शिलक वेगानें तो त्या त्या स्थलांतून वर जाईल. आणि मूळच्याच उंचीस चढेल.

उदाहरणार्थ—एक पदार्थ **उ** उंचीवरून सुटला आणि **क** कालाचे शेवटीं तो **प** ठिकाणीं **व** वेगानें पोंचला असें समजा. **क** ह्या पतनकालामध्यें **क्षण** हे सूक्ष्मतम विभाग कल्पा, आणि भूमीच्या सममानाच्या सतत आकर्षणापासून ह्या पदार्थाला एकेक क्षणानें **क्ष** मानाचा अगदीं **क्षुल्लक** वेग मिळतो असें घ्या. ह्या स्वीकाराप्रमाणें पहिल्या क्षणीं उ बिंदूंतून हा शून्य वेगानें चालेल. २ऱ्या क्षणीं **क** स्थलांतून हा **क्ष** वेगानें चालेल. तिसऱ्या क्षणीं **ख** स्थलांतून हा **२ क्ष** वेगानें चालेल. अशा रीतीनें हा वर्धमान वेगाच्या गतीनें चालत राहून शेवटील क्षणाच्या पूर्वक्षणीं हा **न** स्थलांतून **व-क्ष** वेगानें

उ	०
क	क्ष
ख	२ क्ष
ग	३ क्ष
द	व-३क्ष.
ध	व-२क्ष.
न	व-क्ष
प	व-०

आकृति ८ वी.

चालेल. आणि **क** काळाच्या शेवटील क्षणीं हा **प** स्थलांतून **व** वेगानें चालेल. ही गोष्ट विचारसिद्ध आहे.

आतां **प** स्थळीं आलेला पदार्थ तेथून **व** वेगानेंच परत वर फेंकला, तर त्यांत भूमीचे आकर्षणामुळें एकेक क्षणानें **क्ष** मानाचाच वेग खालीं आणणारा उत्पन्न होत जावयाचा. ह्मणून तो प्रत्येक क्षणीं **च.नि.** २ प्रमाणें **व** वेगानें वर जावयाचा, आणि गुरुत्वाकर्षणाच्या वेगोत्पत्तीनें खालींही यावयाचा, यास्तव तो वर फेंकण्याच्या १ल्या क्षणीं **व**−० वेगानें **प** स्थळांतून वर जाईल. २ ऱ्या क्षणीं **व**−**क्ष** वेगानें **न** स्थळांतून वर जाईल. ३ऱ्या क्षणीं **व**−२ **क्ष** वेगानें **ध** स्थळांतून वर जाईल. सारांश **प न ध** इ० प्रत्येक स्थळांतून जेवढाल्या जमलेल्या वेगानें तो खालीं आला असेल तेवढाल्याच शिल्लक वेगानें तो त्या त्या स्थलांतून वर जाईल असें ठरलें. ह्यावरून तो जेवढ्या उंचीवरून खालीं आला असेल तेवढ्याच उंचीपावेतों तो **क** काळानें वर चढला पाहिजे हें उघड आहे. हेंच सिद्धकरणें होतें.

आतां हा पदार्थ गुरुत्वाकर्षणाच्या **क** काळांतील प्रतिक्षणींच्या वेगोत्पत्तीनें मिळून **उप** ह्या वेगदायक उंची इतका मार्ग क्रमितो, असें पूर्वीं ठरलें आहे आणि **व** वेगानें वर जातांना गुरुत्वाकर्षणाचे वेगोत्पत्तीनें खालीं येत असतां हा **पउ** उंची इतकाच मार्ग क्रमितो असें आतां सिद्ध झालें आहे. ह्मणून **उप** ह्या वेगदायक उंचीच्या मार्गाची मोजदाद **म** ह्मटली तर **म** = **वक** − **म** असें नि० २ वरून ठरतें. ह्याच्या स्थलांतरानें अशी पद्धति येते कीं,

$$\text{म} = \tfrac{1}{2}\,\text{व}\cdot\text{क} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad २$$

उंचीवरून पडणाऱ्या पदार्थांचा आदिवेग ० असून अंत्यवेग **व** असतो. आणि $\frac{1}{2}$ **व** हा त्याच्या मार्गक्रमणाचा मध्यम वेग दाखवितो. ह्मणून,

फल १ लें.—उंचीवरून पडणाऱ्या पदार्थाला गुरुत्वाकर्षणानें वर्धमान वेगाची गति येते, ती त्या काळांतील वेगोत्पत्तीच्या मध्यम मानानें होणाऱ्या समवेगाच्या गती-इतकी असते; किंवा अंत्यवेगानें होणाऱ्या समवेगगतीच्या अर्धी इतकी असते.

च·नि· २ पद्धति १ प्रमाणें **व** = **ग·क** येतो. आणि **क** = $\frac{व}{ग}$ येतो. ही प्रत्येक किंमत वरील पद्धतींत अनुक्रमें ठेविल्यानें दोन पद्धति येतात त्या अशा.

क्रमिलेला मार्ग **म** = $\frac{1}{2}$ **ग· क**^{2} ३

व वेगदायक मार्ग **म** = $\frac{व^2}{2ग}$ ४

उदाहरण.—गोकाकच्या धबधब्यापासून सोडलेला धोंडा हातांतून सुटल्यापासून सुमारें ३$\frac{1}{4}$ सेकंदांनीं खालच्या पाण्यावर आपटला ह्यावरून त्या धबधब्याची उंची काय असावी?

येथें गुरुत्वाकर्षणाचा दर ३२ फूट घेतला तर पद्धति १ व २ प्रमाणें सो. धोंड्याचा अंत्यवेग व क्रमिलेला मार्ग येतात. जसें.—

व = **ग· क** = ३२ फूट × ३। = १०४ फूट

व **म** = $\frac{1}{2}$ व· **क** = $\frac{१०४}{२}$ फूट × $\frac{१३}{४}$ = १६९ फूट

हें उत्तर.

हें उत्तर पद्धति ३ पासून एकदम निघतें. जसें.—

$$म = \frac{१}{२} ग \cdot क^२ = १६ फूट \times \frac{१३^२}{४^२} = १६९ फूट$$ हें उ.

उदाहरण २ रें.—एक धोंडा ९६·६ फूट वेगानें इंग्लंदांत वर फेंकला, तर तो गुरुत्वाकर्षणाविरुद्ध केवढ्या उंचीस पोंचेल ?

इंग्लंदांत गुरुत्वाकर्षणाचें मान ३२·२ फूट असतें म्हणून प. ४ प्रमाणें वेगदायक मार्ग.

$$म = \frac{व^२}{२ग} = \frac{९६·६^२}{६४·४} = १४४·९$$ फूट हें उत्तर.

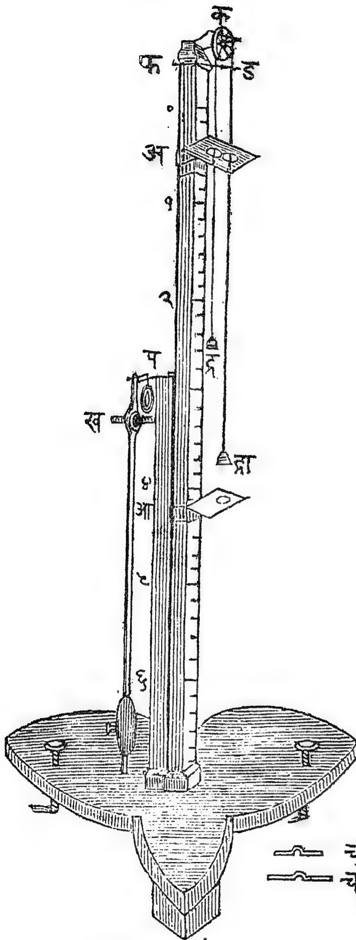
उदाहरण ३ रें.—तोफेची गाडी ओढणाऱ्या घोड्यांनीं इशारा दिल्यापासून ८ सेकंदांपावेतों वर्धमान वेगानें ३० फूट मार्ग क्रमिला, तर पुढें ती गाडी केवढ्या वेगानें चालली व समवेग–गतीनें कशी चालली? घोड्यांची ओढ ८ सेकंदांपावेतों एकसारखी होती.

घोड्यांची ओढ एकसारखी दिली आहे, त्या अर्थीं ती समान वेगवृद्धीची प्रेरणा असली पाहिजे. म्हणून पद्धति २ प्रमाणें.

$$व = \frac{२ म}{क} = \frac{२ \times ३० फूट}{८} = ७॥$$ फूट हें उत्तर.

ह्मणजे ८ सेकंदांनंतर ती गाडी दर सेकंदास ७॥ फूट किंवा दर तासास ५·१ मैल प्रमाणें वेगानें चालूं लागली. ह्या चालण्यांत मार्गाच्या प्रतिबंधानें जितका वेग कमी होई तितकाच थोडथोडा वेग घोड्यांपासून मिळे म्हणून ती समवेग–गतीनें चालली. मालानें भरलेला डबा आगगाडीच्या रूळांवरून भरवेगानें चालू करण्याकरितां प्रथम दहा पंधरा मनुष्यें लोटण्यास लागतात. तरी त्यापुढें तो २ मनुष्यांच्या लोटण्यानें त्याच वेगाच्या समगतीनें मुकामास पोंचविला जातो. तसलाच हा प्रकार आहे.

३३. अतवूदचें यंत्र.—ह्याची आकृति बाजूस दाखविली आहे. ह्या आकृतीचे माथीं जी कप्पी दिसते ती ह्या यंत्रांतील मुख्य भाग आहे. ह्या कप्पीचे घेरावर रेशमाचा बारीक धागा चढवून त्याच्या दोहों शेवटांशीं द्र, द्रा, हीं समतोल वजनें टांगिलीं आहेत. तसेंच ही सांगड चालविण्याला च, चा, हीं पातळ पत्र्याचीं लांबट वजनें केलेलीं आहेत. त्यांतील वजन द्रवर ठेविलें ह्मणजे तें त्या सांगडीसुद्धां वर्धमान वेगाच्या गतीनें खालीं येऊं लागतें.



आकृति १० वी.

ही गति मोजण्यासाठीं कप्पीखालच्या खांबावर फूट व इंच दाखविणारे भाग पाडलेले आहेत, आणि त्या खांबाला अ, आ, हीं

मळसूत्री अडकणें बसविलीं आहेत. पैकीं **अ** ह्या वरच्या अडकणाला **द्र**च्या मार्गांत एक आणि **द्रा**च्या मार्गांत एक अशीं दोन कडीं जडलीं असून, खालच्या **आ** अडकणाला **द्र**च्या मार्गांत बैठक आणि **द्रा**च्या मार्गांत कडें हीं जडलीं आहेत.

आतां काळांतील सेकंद मोजतां यावे, आणि **द्र द्रा** सांगड चालविण्यासाठीं **च** हें वजन शून्यभागाशीं **द्र**-वर चढवून ठेवून तें तेथून १ ल्या सेकंदाच्या आरंभींच सोडतां यावें, ह्या दोन योजनांसाठीं ह्या खांबामागच्या **ख** खिळ्याला सुमारें ३९ इंच लांबीचा ताठ व जड आंदोलक अडकविला आहे. ह्या आंदोलकाच्या वरच्या टोंकाशीं मोगरी व तरफ हीं साधनें जुळून ठेविलीं आहेत. ह्मणून हा आंदोलक एका नेमलेल्या बाजूस ओढून सोडला ह्मणजे तो मध्यभागीं येते वेळींच किंवा दर सेकंदास त्या मोगरीचा एकेक ठोका खालच्या वाटीवर पडत चालतो, आणि मूळच्या ठोक्याच्याच वेळीं **पफड** तारेखालची तरफ बाजूस सरून ती तार खालीं येऊन **ड** रबराच्या अटींतून कप्पी मोकळी सुटते, ह्यामुळें **द्र**वर चढवून शून्य भागाशीं ठेविलेलें **च** वजन १ ल्या सेकंदाचे आरंभींच तेथून सांगड घेऊन खालीं येऊं लागतें.

ह्या सांगडींतलीं **द्र द्रा** हीं वजनें साडेसात साडेसात तोळ्यांचीं असून ती सांगड चालविणारीं **च चा** हीं वजनें एक एक तोळ्याचीं आहेत असें समजा. ह्यांतील **च** किंवा **चा** हें वजन मोकळें सोडलें तर गुरुत्वाकर्षणानें त्यांत दर

सेकंदास ३२ फूट प्रमाणें वेग येत जाईल व ३२ एकें=३२ तोळे फूट ही चालक प्रेरणा येत जाईल (क २२). ह्या चालक प्रेरणेनें १ तोळा + ७॥ तोळे + ७॥ तोळे=१६ तोळे द्रव्य चालावयाचें, म्हणून $\frac{\text{३२ तोळे फूट}}{\text{१६ तोळे}}$ = २ फूट हा वेग ह्या सांगडीला दर सेकंदास येत जाईल हें उघड आहे. येथें हा वेग वृद्धीचा दर **वृ** म्हटला, आणि गुरुत्वाकर्षणाचें मान **ग** म्हटलें, तर हा दर शोधण्याची पद्धति अशी होते कीं—

$$\text{वृ} = \frac{\text{चालक द्रव्य} \times \text{ग}}{\text{चलित द्रव्य}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{ ५}$$

वरील विचारांत ह्या सांगडीच्या वेगवृद्धीचा दर सुमारें २ फूट आला आहे. हा मार्गक्रमणाची पद्धति ३ मध्यें गचे जागीं ठेविला म्हणजे ह्या सांगडीच्या १, २, ३, इ. सेकंदांतल्या चाली अनुक्रमें १ फूट, ४ फूट, ९ फूट, अशा काळाच्या वर्गाप्रमाणें येतात.

हा वेगवृद्धीचा दर अंत्य वेगाची पद्धति १ मध्यें ठेविला म्हणजे ह्या सांगडीचे १, २, ३, इ. सेकंदांचे अंत्य वेग २ फूट, ४ फूट, ६ फूट, असे काळाच्याच प्रमाणांत येतात.

हे अंत्य वेग वेगद उन्नतीची पद्धति ४ मध्यें ठेविले म्हणजे वरील वेगांनीं गुरुत्वाकर्षणाविरुद्ध ह्या सांगडीचें जाणें हें १ फूट, ४ फूट, ९ फूट, असें येतें.

वरतीं १, २, ३ इ० सेकंदांतील चालींचीं, अंत्य वेगांचीं, व उड्डाणांचीं मानें सुमारानें दर्शविलीं आहेत, तीं ह्या यंत्रानें तंतोतंत शोधितां येतात. ते प्रयोग असे.—

प्रयोग १ ला.—अतवूदच्या यंत्राखालच्या पिढ्याला मळसूत्री पाय असतात, ते फिरवून त्या पिढ्यावरचा खांब ओळंब्यांत उभा करा. **द्र** वजनाचें वरचें पृष्ठ शून्याशीं नेऊन त्यावर **च** वजन चढवा, आणि तें वजन व त्यावरची कप्पी **ड** रबरानें अडकवून धरण्यासाठीं **पफड** तार उचलून तिच्याखालीं **प** तरफेचा टेंका द्या. नंतर **अ आ** हीं मळसूत्री अडकणें खांबाच्या बुंधाशीं मोकळीं सोडा, आणि खांबामागचा ओळंबा नेमलेल्या बाजूकडे ओढून सोडा. ह्मणजे सांगड चालवणारें **च** वजन हें १ ल्या सेकंदाचे आरंभींच शून्यभागापासून सांगडीसमवेत सुटून त्या सेकंदाचे अंतीं १ फुटावर जाईल, दुसऱ्या सेकंदाचे अंतीं ४ फुटांवर जाईल, व तिसऱ्या सेकंदाचे अंतीं ९ फुटांवर जाईल. अर्थात मार्गक्रमणाच्या पद्धतींचा खरेपणा दाखवील.

प्रयोग २ रा.—पहिल्या प्रयोगांत सांगितल्याप्रमाणें जुळाजुळ करून **अ** अडकण १ फुटाशीं व **आ** अडकण ३ फुटांशीं बसवा. नंतर खांबामागचा ओळंबा नेमलेल्या बाजूस ओढून सोडण्यानें **च** आणि सांगड हीं शून्यभागापासून सोडण्याचे प्रयोग वारंवार करा, आणि पहिल्या सेकंदाचे ठोक्याबरोबर **च** वजन **अ**वर अडकावें, आणि त्या कड्यांतून खालीं गेलेलें **द्र** वजन दुसऱ्या सेकंदाच्या ठोक्याबराबर **आ**वर थडकावें, अशा बेतानें तीं दोन्ही अडकणें वरतीं खालतीं सारून कायम करा. या प्रयोगांत चालक वजन **च** हें १ ल्या सेकंदांत शून्यापासून **अ** पा-

वेतों वर्धमान वेगाच्या गतीनें चाललें, आणि त्या सेकंदाचे अंतीं **च** वजन **अ** वर अडकलें, ह्मणजे त्याच अंत्यवेगानें (वेगवृद्धीच्या दरानें) **द्र** वजन दुसऱ्या सेकंदामध्यें समगतीनें चालेल. यावरून **अ** च्या वरच्या पृष्ठापासून **आ** वर थडकलेल्या **द्र**च्या वरच्या पृष्ठापावेतों जें अंतर येईल तें **च**नें होणाऱ्या सांगडीच्या वेगवृद्धीचा दर **वृ** दाखवील, व त्यापासून **ग**चें खरें मान येईल, हें उघड आहे.

प्रयोग ३ रा.—पहिल्या प्रयोगांत सांगितल्याप्रमाणें जुळाजुळ करून २ ऱ्या प्रयोगांत कायम केलेल्याच ठिकाणीं **अ आ** अडकणें बसवा. नंतर **द्र** वरील **च** वजन किंवा शून्य ह्यापासून जितकें खालीं **अ**चें वरचें पृष्ठ आहे तितकेंच त्या पृष्ठाखालीं **द्रा**चें वरचें पृष्ठ होईल अशा बेतानें तें वजन बांधा, आणि त्याच्या मार्गांतल्या **अ** च्या कड्यावर **चा** वजन ठेवून रीतीप्रमाणें आंदोलक सोडा. म्हणजे पहिल्या सेकंदाचे अंतीं **च** वजन **अ** कड्यावर अडकून, त्या अंत्य वेगानें **द्रा** वजन वर जाऊं लागतांच त्यावर **चा** वजन बसेल. ह्यामुळें तें वर फेंकलेल्या धोंड्याप्रमाणेंच शून्य भागापावेतों वर जाऊन माघारें परतेल. ह्या रीतीनें वेगद उंचीची पद्धति खरी आहे असें ठरेल.

वरील विचारांत आपण कप्पीचें द्रव्य हिशेबांत घेतलें नाहीं. परंतु कप्पीचें संपूर्ण द्रव्य जर तिचे घेरांतच असलें तर तें **द्र द्रा** आणि **च** किंवा **चा** ह्याप्रमाणें चलित द्रव्यांत मिळविलें पाहिजे हें उघड आहे. सारांश कप्पीचा तुंबा, घेर, व अरे ह्या भागांचीं द्रव्यें मिळून घेरावरच्या केवढ्या

द्रव्याचें काम करितात तें भ्रमणविचाराचे आधारें शोधून तें द्रव्य चलित द्रव्यांत सामील करावें लागतें. अशा विचाराच्या दृष्टीनें हे प्रयोग केले ह्मणजे गुरुत्वाकर्षणाचें मान बऱ्याच सूक्ष्मतेनें सांपडतें. हें मान आंदोलकाच्या हेलकाव्यांवरून विशेष सूक्ष्मतेनें काढितां येतें.

३४. चलननियम ३ रा.—प्रेरणेचें कार्य घडलें, कीं तेवढेंच प्रतिकार्य घडतें.

उदाहरणार्थ विटीला दांडूचा टोला मारला, ह्मणजे तेवढाच उलट टोला त्या दांडूला विटीचा लागतो. भिंतीवर हाताचा दाब घातला, ह्मणजे तेवढाच उलट दाब त्या भिंतीचा हातावर पडतो. ह्याप्रमाणें कोणतेंही प्रेरणाकार्य घडलें ह्मणजे तेथें तेवढेंच विरुद्ध कार्य तत्काळ घडतें, हा ह्या नियमाचा आशय आहे.

कितीएक प्रकारांत हा नियम प्रथमदर्शनीं आढळत नाहीं, तथापि ते प्रकार तपासून पाहिले ह्मणजे हा नियम पूर्णपणें व्यापक आहे असें ह्मणावें लागतें. उदाहरणार्थ घोडा जेवढ्या जोरानें गाडीला पुढें ओढतो तेवढ्याच जोरानें ती गाडी त्या घोड्याला मागें ओढते, ही गोष्ट प्रथमदर्शनीं मनांत येत नाहीं. ह्या स्पष्टतेसाठीं अतवूदच्या यंत्रावरील सांगड ही गाडी समजा ह्मणजे **च** हें वजन घोड्याच्याच प्रमाणें तिला चालवितें हें लक्षांत येईल. तेथील उदाहरणांत **च**च्या कार्यानें ३० तोळे फूट हें चालकत्व सांगडीला मिळतें, व त्या सांगडीच्या प्रतिकार्यानें—३० तोळे फूट हें चालकत्व **च**ला मिळतें. ह्मणून **च** सुद्धां सांगड

२ फूटांच्या वेगवृद्धीनें चालते. ह्याच रीतीनें घोड्याचें कार्य गाडीवर व गाडीचें प्रतिकार्य घोड्यावर होत असलें पाहिजे हें उघड आहे. बकंदाज बंदूक डागतो तेव्हां त्या बंदुकींतील दारवेच्या फुगण्यानें तिची गोळी मोठ्या वेगानें पुढें जात असून, तिचें प्रतिकार्य वरवरच्या पाहणाराला आढळत नाहीं. तथापि होईल तितकी घर्षण रहित गाडी करून तिजवर ही बंदूक ठेवून डागली, आणि गोळी व बंदुकीसमवेत गाडी ह्यांचे वेग व वजनें हीं तंतोतंत मोजलीं, तर जेवढ्या चालकत्वानें गोळी पुढें जाते तेवढ्याच चालकत्वानें बंदुकीसमवेत गाडी मागें हटते असें ह्मणावें लागतें. ह्यावरून जमिनीशीं खिळलेली तोफ गोलंदाज डागतो तेव्हां जेवढ्या चालकत्वानें गोळा पुढें जातो, तेवढ्याच चालकत्वानें तोफेसुद्धां भूगोल मागें हटतो असें ह्मटलें पाहिजे. हें प्रतिसारणाचें कार्य दुतर्फी असतें तसेंच आकर्षणाचेंही कार्य दुतर्फी असतें, असें कलम ६ येथील लोहचुंबक आणि सुई ह्यांच्या प्रयोगांत स्पष्ट झालेलें आहे. ह्यावरून झाडाचें फळ डेखापासून सुटतें तेव्हां तें जेवढ्या चालकत्व–वृद्धीच्या दरानें भूगोलाकडे येतें, तेवढ्याच चालकत्व वृद्धीच्या दरानें त्या फलाकडे भूगोलही जातो असें ह्मटलें पाहिजे. येथें भूगोलाचें द्रव्यगोळीच्या किंवा फळाच्या फारच पट मोठें असल्यामुळें त्याची चाल केंसापेक्षांही थोड्या अंतरांत होते ह्मणून ती आपणास कळत नाहीं इतकेंच काय तें. ह्याप्रमाणें हा नियम सर्वांशीं खरा आहे.

ह्या कार्य प्रतिकार्यांच्याच योगानें जगांतल्या बहुतेक हालचाली होतात. उदाहरणार्थ कोणताही स्थलचर प्राणी आपल्या पायाच्या आघातानें भूमीला मागें लोटतो तेव्हां तिच्या प्रत्याघातानें त्याला गतिमान होतां येतें, आणि तो आपल्या पायाच्या आघातानें भूमीला पुढें लोटतो तेव्हां तिच्या प्रत्याघातानें त्याला आपली गति बंद करितां येते. ह्याच रीतीनें जलचरांना पाण्यावर व पक्ष्यांना वायूवर आघात करून त्यांच्या प्रत्याघातानेंच चालतां येतें, व चालणें बंद करितांही येतें. निसरड्या किंवा बुळबुळीत जमिनीपासून प्रतिकार्य घडत नाहीं, ह्यामुळें तसल्या जमिनीवरून प्राण्यांना चालतां येत नाहीं. ह्मणजे पदार्थाच्या स्वतःच्याच हालचालीनें त्याला गतिमान होतां येत नाहीं व थांबतांही येत नाहीं. ह्यावरून,

फल.—पदार्थाच्या स्थैर्यांत किंवा चलनांत बदल होण्याला बाह्य प्रेरणा मिळाली पाहिजे ह्मणून जें पहिल्या चलननियमांत सांगितलें आहे, ती प्रेरणा बाह्य पदार्थापासून मिळाली पाहिजे असें ह्या नियमांतील प्रतिकार्यानें दर्शविलें जातें.

उदाहरणार्थ हुशार पोहणारा उंच्यावरून पाण्यांत उडी टाकितो, तेव्हां त्या पतनमार्गांत हातपाय आंखडून एकदम ताणणें हा उडीचा व्यापार त्याला करितां येईल. तरी त्या व्यापारानें त्याची उडी केंसभर देखील पतनमार्गाचे पुढें जाणार नाहीं. परंतु अशा मनुष्यानें एखादा मोठा दगड आपल्या पायाखालीं धरून त्या दगडासुद्धां उडी टाकिली,

तर त्याला पतनाच्या मार्गांत पायाच्या आघातानें तो दगड मागें लोटून त्याच्या प्रत्याघातानें पुढें जातां येईल, हें वरच्या फलावरून उघड आहे.

३ रा चलननियम व त्याचें फल ह्यांच्या आधारानें पुष्कळ गोष्टींच्या घटना जाणतां येतात. उदाहरणार्थ, एखादा कुलपी गोळा दर सेकंदास ८०० फूट वेगानें जात असतां त्यांतील दारूवेला रंजक पोंचल्यामुळें तो चलन-मार्गांतच फुटून दुभाग झाला, आणि त्या दारूच्या भडा-क्यानें त्याचे पुढील अर्धाला गोळा जाण्याचेच दिशेंत आणखी ८०० फुटांचा वेग मिळाला, तर च. नि. ३ प्र-माणें मागच्या अर्धाला तेवढाच उलट वेग (उणावेग) मिळाला पाहिजे. ह्यावरून त्याचें पुढील अर्ध १६०० फुटां-च्या वेगानें पुढें जाईल, आणि मागचें अर्ध शून्य वेगाचें होऊन तेथेंच पडेल, असें वरील नियमावरून दिसून येतें. लहान मुलें व लढाऊ लोक दारूचे बाण उडवीत असतात. हा बाण चेतविला ह्मणजे त्यांतील पेटलेली दारू क्षणोक्षणीं मागच्या वायूवर आघात करीत राहते, ह्यामुळें त्या वायूचा प्रत्याघात क्षणोक्षणीं बाणाला मिळून तो वर्धमान गतीनें पुढें चालूं लागतो. एखादा स्थितिस्थापक चेंडू भूमीवर आपटला ह्मणजे त्याचा मूळचा वेग नाहींसा होऊन तो सुमारें निमे जोरानें मागें उडतो. येथें चेंडू आपटण्याचें चालकत्व १ ह्मटलें, तर तो भूमीवर आपटून दबतो तेव्हां-च्या आघातानें भूगोल १ चालकत्वानें खालीं जातो, आणि त्या भूगोलाच्या प्रत्याघातानें त्या चेंडूचें मूळचें चालकत्व

नाहींसें होतें. तसेंच तो चेंडू दबते वेळच्या जोराच्या सुमारें निंमे जोरानें फुगतो ह्मणून ह्या फुगण्याच्या वेळच्या आघातानें भूगोल आणखी निंमे चालकत्वानें खालीं जातो, आणि त्याच्या प्रत्याघातानें तो चेंडू तेवढ्याच निंमे चालकत्वानें किंवा ·।।· वेगानें वर उडतो. ह्याप्रमाणें ह्या कार्यांत चेंडूच्या चालकत्वाच्या सुमारें १।।· पट जोराचीं कार्यप्रतिकार्यें होत असलीं पाहिजेत असें २ ऱ्या नियमावरून दिसतें.

स्थैर्यविचार.

३५. भार किंवा दाब.—पदार्थावर जर ओढा असला आणि मध्यें दुसरा पदार्थ येऊन त्याच्या गतीस जर प्रतिबंध करीत असला तर त्या पदार्थावर पहिल्या पदार्थाचा दाब किंवा भार पडतो.

प्रयोग ४ था.—हें पहा तुमच्या पुढें टेबल आहे, त्यावर मी एक धोंडा ठेवितों. यास पृथ्वीची खालून ओढ आहे. मध्यें हें टेबल नसतें तर त्या ओढीनें तो पदार्थ खालीं गेला असता. टेबलाच्या प्रतिबंधामुळें त्यास खालीं जातां येत नाहीं, यामुळें त्याचा भार टेबलावर पडला आहे. तुह्मीं आपला हात त्या धोंड्याखालीं घालून पहाल तर त्यास भार आहे किंवा नाहीं याचा अनुभव तुह्मास येईल.

३६. समतोलन.—प्रयोग ५ वा.—ही दाराची फळी आहे. हिला एका बाजूनें जर एक मनुष्य बाहेरून आंत

लोटीत असला, आणि दुसऱ्या बाजूनें दुसरा आंतून बाहेर लोटीत असला, आणि दोघांचे **अधिकार** (ह्मणजे जोर व टेंकूपासून अंतरें ह्यांचे गुणाकार) सारखे असले तर ती फळी आंत जाणार नाहीं व बाहेरही येणार नाहीं, जागचे जागीं स्थिर राहील. या कृतीवरून तुमच्या लक्षांत कोणती गोष्ट आली ? ही कीं:—

जर एखादे पदार्थावर विरुद्ध दिशांनीं पण सारख्या मानाचे अधिकार किंवा जोर लागू असले तर तो पदार्थ गतिमान होत नाहीं, तसाच स्थिर रहातो. ह्या स्थैर्याला अधिकारांचें किंवा जोरांचें समतोलन ह्मणतात.

टेंकूपासून जोर लावण्याचें ठिकाण दूर असेल त्याप्रमाणें पदार्थ उचलावयास हलका येतो, व जवळ असेल त्या प्रमाणें जड येतो.

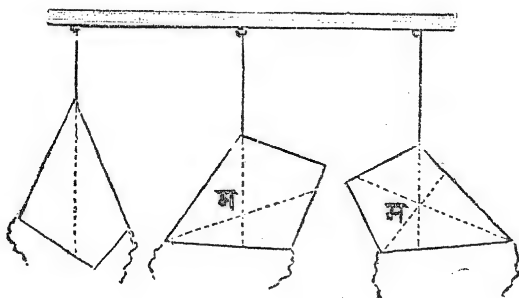
प्रयोग ८ वा.—हें एक तुळवट आंगण्यांत पडलें आहे. यास दोघांनीं दोन शेवटांस धरून उचलावें, आणि एकेकावर त्याचा किती किती भार येतो तें लक्षांत ठेवावें. नंतर त्यांतून एकानें एका शेवटाजवळ रहावें, आणि दुसऱ्यानें आपलें शेवट सोडून आंत येऊं लागावें. जसजसा तो आंत येऊं लागेल तसतसा त्याच्या खांद्यावर त्या तुळवटाचा दाब अधिक अधिक होऊं लागेल, असें त्याचे अनुभवास येईल. शेवटीं तो त्याच्यानें सहन करवत नाहीं इतका मोठा होईल.

३७. गुरुत्वमध्य.—प्रत्येक पदार्थांत असें एक स्थळ सांपडतें कीं त्या स्थळीं जर तो पदार्थ उचलून धरिला तर सर्व पदार्थ सारखा उचलला जातो, आणि त्या स्थला-

सभोंवतीं सर्व कणांचें समतोलन होतें. असें जें स्थल त्याला त्या पदार्थाचा **गुरुत्वमध्य** असें नांव देतात.

प्रयोग ७ वा.—ही तुमच्या हातांत काठी देतों, हिला तुह्मी आपल्या बोटावर आडवी ठेवून मागें पुढें सारा, आणि ज्या ठिकाणीं ती समतोल सारखी राहील त्या ठिकाणीं खूण करा. या ठिकाणीं काठीचा गुरुत्वमध्य आहे. या प्रयोगावरून तुमच्या लक्षांत आणखी एक गोष्ट आली असेल. ती ही कीं, ज्या ठिकाणीं तुह्मीं काठी तोलून धरिली आहे त्या ठिकाणीं काठीचें सर्व ओझें तुमच्या बोटावर आलें आहे. तर मग गुरुत्वमध्यासभोंवतीं काठीच्या सर्व कणांचें समतोलन होतें इतकेंच नाहीं, तर त्या मध्यांत काठीचा सर्व भारही सांठविल्याप्रमाणें राहतो.

प्रयोग ८ वा.—हा एक लोखंडाचा वांकडातिकडा पत्रा आहे. याचा गुरुत्वमध्य कोठें आहे हें आपणास



आकृति ११ वी.

काढणें आहे, तर या पत्र्याच्या कडणींत आपण कोठें तरी दोन तीन ठिकाणीं भोंकें पाडूं, आणि एक दोरा एका

भोंकांतून घालून त्या दोऱ्यानें त्या पत्र्यास एका आंकड्यास टांगूं. तो पत्रा त्या दोरीवर स्थिरावला म्हणजे ती दोरी ओळंब्याची (भूमध्याकडे जाणारी) रेषा दाखवील म्हणून तीच रेषा त्या पत्र्यावर टिंबांनीं वाढवूं. आतां पत्र्याचा गुरुत्वमध्य हा पत्र्याचा आधारमध्य (टांगण्याचा कोंयडा) व भूमध्य ह्या दोहींकडे ओढला जातो आहे, म्हणून तो हेच बिंदु सांधणाऱ्या टिंबांच्या रेषेंत असला पाहिजे. ह्याच रीतीनें पत्र्याच्या दुसऱ्या भोंकांत दोर घालून पुनः या पत्र्यास त्या आंकड्यावर अडकवूं, आणि दोरीच्या सुतांत, खडूनें दुसरी टिंबांची रेषा मारूं. या दोन रेषा ह्या गुरुत्वमध्याच्या ठिकाणीं एकमेकांस कापितील. त्या ठिकाणीं **म** खूण करूं. आतां त्या पत्र्यास पुनः सोडवून तिसऱ्या भोंकांत दोरी घालून पुनः त्या आंकड्यास अडकवूं, आणि पुनः त्या दोरीसमोर खडूनें टिंबांची रेषा मारूं. तुमच्या असें दृष्टीस पडेल कीं ही तिसरी रेषा वरच्या (**म**) बिंदूतून जाईल. पत्र्याच्या कडणींत तुह्मीं कोठेंही भोंक पाडिलें आणि त्यांतून सूत घालून त्या पत्र्यास वरच्या आंकड्यास अडकाविलें आणि दोरीच्या सुतांत टिंबांची रेषा केली तर तुमच्या असें दृष्टीस पडेल कीं ती रेषा नेहेमी (**म**) बिंदूतून जाईल. (**म**) बिंदू हें त्या पत्र्याच्या गुरुत्वमध्याचें स्थान आहे. तुह्मीं पत्र्यास आंकड्यापासून सोडवून बोटाचे अग्रानें (**म**) स्थळीं जर त्यास तोलून धरलें तर त्या बोटावर पत्र्याचें समतोलन होतांना तुमच्या दृष्टीस पडेल. आणि पत्र्याचा सर्व भार तुमच्या बोटावर आला आहे असें अनुभवास ये-

ईल. सारांश गुरुत्वमध्यांत पदार्थाचे सर्व भागांचें समतोलन होतें इतकेंच नाहीं, परंतु पदार्थाचा सर्व भार त्या ठिकाणीं सांठविला जातो. दोरीनें टांगलेला पत्रा जेव्हां स्थिरावलेला असतो. तेव्हां त्यास तुह्मीं बोटानें कोणत्याही दिशेस जरी लोटिलें तरी तो दोन चार हेलकावे खाऊन शेवटीं तो जेव्हां स्थिर होईल तेव्हां (म) बिंदूवरील आंकड्याच्या ओळंब्यांत आहे असें नेहमी तुमच्या नजरेस येईल.

मागील प्रयोगांवरून समजलेल्या तीन गोष्टी पुढें सांगतों त्या तुह्मीं चांगल्या लक्षांत ठेवाव्या.

१ ली.—हरएक पदार्थाला गुरुत्वमध्य असतो, आणि त्या मध्याभोंवतीं पदार्थाच्या सर्व कणांचें समतोलन होतें.

२ री.—गुरुत्वमध्यांत पदार्थाचा सर्व भार सांठविलेला असतो.

३ री.—पदार्थ ज्या खिळ्यावर, किंवा आंकड्यावर टांगलेला असतो त्याचे ओळंब्यांत पदार्थाचा गुरुत्वमध्य नेहेमी येऊन पदार्थ स्थिर होतो. खिळ्यावर पदार्थ टांगलेला असतो, ह्मणून त्या खिळ्याला त्या पदार्थाचा आधारमध्य असें ह्मणतात. टांगलेला पदार्थ जेव्हां स्थिर असतो, तेव्हां त्याचा आधारमध्य आणि गुरुत्वमध्य हे एका ओळंब्यांत असतात.

३८. तराजू.—तुह्मी आपल्या हातात एक तराजू उचलून घ्या. तुमच्या असें दृष्टीस पडेल कीं तराजू जेव्हां स्थिर होतो, (पारडीं रिकामीं आहेत असें समजा.) तेव्हां त्याची दांडी बरोबर आडवी स्थिर राहाते, आणि त्याचा कांटा बरोबर

उभा असतो. कांट्यापासून दोन्ही बाजूंचीं दांडीचीं शेवटें सारखे अंतरावर असतात, आणि पारडींहि सारख्या वजनाचीं असतात. तराजू हातांत धरून त्याकडे आपलें लक्ष चांगलें पुरवून विचार कराल तर तुमचे लक्षांत येईल कीं, कांट्यापासून दोहींकडच्या दांड्या जर सारख्या लांबीच्या आहेत, सारख्या वजनाच्या आहेत, आणि त्यांस अडकविलेलीं पारडीं जर सारख्या वजनाचीं आहेत, तर गुरुत्वमध्याचें स्थान बरोबर कांट्याच्या खालीं असलें पाहिजे.

आतां त्या पारड्यांत पाहिजे तितकीं पण सारखीं वजनें घातलीं तर गुरुत्वमध्याभोंवतीं त्यांचें समतोलन झालें पाहिजे. ह्मणजे तराजूचा कांटा तरतरीत उभाच राहिला पाहिजे. एकादे पारड्यांतलें वजन जर थोडें अधिक असलें तर तें आपल्या अधिकारानें दांडीस खालीं ओढील आणि कांटा उभा तरतरीत राहाण्याचा तो तिरपा होईल.

प्रयोग ९ वा.—तराजूच्या एक्या पारड्यांत एकादा पदार्थ किंवा डागिना घाला. दुसऱ्या पारड्यांत (ह्मणा) एक १९ तोळ्यांचें वजन टाका. आतां दागिन्याचें पारडें खालींच आहे असें दिसलें तर अर्थात् डागिना १९ तोळ्यांपेक्षां जड असला पाहिजे. आतां त्या पारड्यांत २९ तोळे टाका. तें पारडें खालीं गेलें आणि डागिन्याचें पारडें वर आलें तर अर्थात् डागिन्याचें वजन २९ तोळ्यांपेक्षां कमी असलें पाहिजे. आतां त्या पारड्यांत २० तोळ्यांचें वजन टाकून पहा आणि दोन्ही पारडीं समतोल झालीं तर अर्थात् डागिन्याचें वजन २० तोळे आहे असें समजलें पाहिजे.

घन पदार्थांच्या धर्मांविषयीं आपल्यास कितीएक गोष्टी

समजल्या. आतां आपण पातळ पदार्थांकडे आपलें लक्ष फिरवूं.

प्रयोग १० वा.—मोठा धोंडा जमिनींतून वर काढणें आहे तर त्यास तरफ लावितात. ह्मणजे लोखंडाची एक लांब पहार घेऊन तिचें एक टोंक त्या धोंड्याखालीं घालतात, त्याच्या पुढें थोड्या अंतरावर एक लहानसा धोंड्याचाच टेंकू देतात. आणि पहारीच्या दुसऱ्या शेवटावर मनुष्य आपला भार घालितो. त्यामुळें धोंडा जमिनीस सोडून वर येतो. आतां असें अनुभवास येतें कीं टेंकूपासून पहारीचें दुसरें शेवट जितकें लांब असेल तितकें धोंडा उचलण्यास हलकें पडतें.

प्रकृतींतील शक्ति.

३९. **गुरुत्वाकर्षण.**—जोर या शब्दाची व्याख्या मागें झाली. आतां आपण या सृष्टींत मुख्यत्वेंकरून ध्यानांत धरण्याजोग्या ज्या ज्या शक्ति आहेत त्यांचा विचार करूं, आणि त्या शक्तींपासून कोणकोणत्या प्रकारचीं कार्यें होतात, व त्यांपासून मनुष्यास कोणता लाभ होतो हें पाहूं.

पृथ्वीच्या आकर्षणानें पृथ्वीवरील सर्व पदार्थ खालीं ओढले जातात, त्या पदार्थांस खालीं जाण्यास अडथळा आला ह्मणजे त्यांचे आंगीं भार उत्पन्न होतो. खालीं आणि वर हे शब्द भूमध्याला अनुलक्षून उपयोगांत आले आहेत. खालीं ह्मणजे भूमध्याकडे, पृथ्वीकडे, आणि वर ह्मणजे आकाशाकडे, भूमध्याच्या विरुद्ध दिशेकडे, असें समजावयाचें. सर्व पदार्थांची ओढ जमिनीकडे ह्मणजे पृथ्वीमध्याकडे आहे. आपण डोंगर चढूं लागलों ह्मणजे या

ओढीच्या विरुद्ध आपणास जोर करावा लागतो ह्मणून डोंगरावर चढतांना आपण लवकर थकतों. खालीं येतांना तीच ओढ आपणास अनुकूळ होते ह्मणून डोंगरावरून खालीं येतांना आपणास सुलभ पडतें. पृथ्वीवर आपणास व इतर पदार्थांस जमिनीचा चांगला आधार आहे ह्मणून बरें, नाहीं तर ते आपल्या भारानें खालीं गेले असते. पाण्यांत धोंडा टाकिला ह्मणजे त्याचा भार पाण्याच्यानें सोसवत नाहीं. तें चोहींकडे सरतें ह्मणून धोंडा खालीं तळाशीं जाऊन बसतो. जुनी तक्तपोशी किंवा घराचीं छपरें निःशक्त झाल्यामुळें खालीं पडून घरांत राहाणाऱ्या मनुष्यांचा नाश झालेला तुमच्या ऐकण्यांत आला असेल.

पदार्थांस आपल्याकडे ओढून घेण्याची जी पृथ्वी, डोंगर, ग्रह इ०पदार्थांची शक्ति तिला **गुरुत्वाकर्षण** अशी संज्ञा आहे.

४०. **स्नेहाकर्षण.**—आपल्या हातांत एक दोरी घेतली, आणि ती ताणून तोडण्याचें मनांत आणिलें तर तसें करण्यास जोर लागतो. लांकूड मोडण्यास जोर लागतो. कोणतेही पदार्थास फोडणें, किंवा त्याचा चूर करणें, किंवा त्याचें पीठ करणें, किंवा त्याचा आकार बदलणें, इत्यादि गोष्टी करण्यास जोर लागतो. प्रत्येक पदार्थाच्या कणांमध्यें एकमेकांस चिकटून बसण्याची जी शक्ति आहे, तिच्या विरुद्ध वर सांगितलेले सर्व व्यापार होतात. या शक्तीला **स्नेहाकर्षण** अशी संज्ञा आहे.

४१. **रसायनाकर्षण.**—एका जातीचे कणांत जें आकर्षण असतें त्यास स्नेहाकर्षण ह्मणतात. तसेंच वेगळ्या जातीचे परमाणु रसायन संयोग पावतात तेव्हां

त्यांमध्यें जो ओढा असतो त्यास **रसायनाकर्षण** ह्मणतात. सोनें या धातूमध्यें सर्व कण एका जातीचे आहेत. पितळ या धातूंत तांबें व जस्त यांच्या परमाणूचें मिश्रण रसायनाकर्षणानें झालें आहे. सृष्टींत एका जातीच्या कणांचे पदार्थ फारच थोडे आहेत, वेगळाल्या जातीच्या कणांच्या मिश्रणानेंच झालेले पदार्थ फार आहेत. धोंडा, माती, पाणी, वनस्पति, साबू, इत्यादि बहुतेक पदार्थ जे आपल्या दृष्टीस पडतात ते सर्व मिश्र कणांपासून झालेले आहेत. याजविषयीं विशेष माहिती रसायनशास्त्रांत दिलेली असते ती वाचावी.

४२. वर सांगितलेल्या शक्तींचा उपयोग.—वर सांगितलेल्या, ह्मणजे गुरुत्वाकर्षण, स्नेहाकर्षण आणि रसायनाकर्षण ह्या तीन शक्ति जर एकामागून एक नाहींशा झाल्या तर आपली अवस्था काय होईल याचा विचार केला ह्मणजे त्या शक्तींचा किती उपयोग आहे हें सहज लक्षांत येईल.

पहिल्यानें गुरुत्वाकर्षण नाहींसें झालें अशी कल्पना करूं. आतां कोणतेच पदार्थाला पृथ्वीची ओढ नाहींशी झाली तेव्हां त्यास पृथ्वीकडे जावयास नको, पाहिजे तिकडे भटक्या मारण्यास मोकळीक झाली. आपण उडी मारली कीं पाहिजे तिकडे, हवेमध्यें, डोंगरावर, आकाशांत निर्धास्तपणें फिरूं शकूं. रवि, चंद्र, मंगळ या ग्रहांवर जाण्यास कांहीं अडथळा होणार नाहीं. आणखी गुरुत्वाकर्षण नाहींसें झालें ह्मणजे पृथिव्यादि ग्रह तरी आपल्या जागीं कशास फिरत रहातील, ते पण पाहिजे तिकडे

भटक्या मारावयास लागतील. कोणास कोणाचा थांग लागणार नाहीं. सर्व ठिकाणीं अव्यवस्था होऊन जाईल. आतां स्नेहाकर्षण आणि रसायनाकर्षण हीं नाहींशीं झालीं ह्मणजे सर्व पदार्थांचे कण एकमेकांपासून सुटे होऊन, कोठें घन किंवा पातळ पदार्थ दिसावयास नको. आपण तरी कोठें राहाणार आहों. आपल्या शरीराचें पीठ होऊन त्याचे परमाणु जिकडे तिकडे फांकून जातील. सर्व आकाशांत पदार्थांचे वेगळाले परमाणु मात्र भरून राहतील, पण कोणत्याही पदार्थाचें नांव ह्मणून घ्यावयास नको. यासाठीं असेंच ह्मटलें पाहिजे कीं, गुरुत्वाकर्षण, स्नेहाकर्षण आणि रसायनाकर्षण हीं आहेत ह्मणून या जगाचें वास्तव्य आहे, आणि त्यावर आपण नानातऱ्हेचे खेळ करीत आहों. या शक्तींचा किती उपयोग आहे हें आतां तुमच्या लक्षांत आलें असेल.

प्रकृतीच्या शक्तींवर विशेष विचार.

४३. दृढता.—मागें सांगितलें कीं स्नेहाकर्षणाच्या योगानें कण एकमेकांस चिकटून त्यांचे पदार्थ होतात. हें आकर्षण सर्व पदार्थांत एकसारखें आढळत नाहीं, लोखंडांत त्याचा जोर जितका दृष्टीस पडतो तितका लांकडांत आढळत नाहीं. त्याहीपेक्षां लोण्यासारख्या मृदु पदार्थांत कमी सांपडतो, आणि पाण्यासारख्या पातळ पदार्थांत तर फारच सूक्ष्म मानाचा आढळतो. हें आकर्षण पदार्थांत अधिक किंवा कमी नजरेस येतें त्याप्रमाणें ते पदार्थ अधिक किंवा कमी दृढ आहेत, असें ह्मणतात. लोण्यापेक्षां लांकूड दृढ आहे. लांकडापेक्षां लोखंड दृढ आहे. घट्ट पदार्थाचें एक टोंक धरून ओढलें तर त्याबरोबर सर्व पदार्थ ओढला

जातो. लोण्यामध्यें तितका जोर नाहीं ह्मणून स्वल्प आयासानें त्यांतून पाहिजे तितकें लोणी एकीकडे करितां येतें. परंतु लोखंडाच्या कांबींतून स्वल्प आयासानें पाहिजे तितकें लोखंड एकीकडे काढतां येत नाहीं. पातळ पदार्थांच्या कणांमध्येंही सूक्ष्म स्नेहाकर्षण असतें हें पुढील प्रयोगावरून लक्षांत येईल.

प्रयोग ११ वा.—पाण्यामध्यें आपलें बोट बुडवून उचला; बोटाचे शेवटीं थेंब आलेला तुमच्या दृष्टीस पडेल. कणांमध्यें सूक्ष्म तरी स्नेहाकर्षण आहे ह्मणून त्यांचा थेंब झाला हें उघड आहे.

कितीएक पदार्थांत स्नेहाकर्षणाचा जोर सर्वांगीं सारखा नसतो, एका बाजूस अधिक आणि एका बाजूस कमी असा असतो, पुढील कृति करून पहा.

प्रयोग १२ वा.—केळीचें पान किंवा माडाची पाती उभी फाडण्यास जितकें सोपें पडतें, त्यापेक्षां तिला आडवी फाडण्यास अधिक जोर लागतो. लांकूड उभें जितकें लवकर चिरतां येतें तितकें आडवें चिरतां येत नाहीं.

४४. रसायनप्रीति.—ज्याप्रमाणें स्नेहाकर्षण सर्व पदार्थांत सारखें सांपडत नाहीं, त्याचप्रमाणें रसायनाकर्षणही सर्व पदार्थांत एकसारखें सांपडत नाहीं. ही गोष्ट पुढील कृतीवरून चांगली लक्षांत येईल.

प्रयोग १३ वा.—गंधकाचा अर्क आणि तांबें, यांच्या रसायनमिश्रणापासून मोरचूत हा पदार्थ बनतो, त्याचप्रमाणें गंधकाचा अर्क आणि लोखंड ह्यांपासून हिराकस हा पदार्थ बनतो. परंतु गंधकाच्या अर्काचा लोखंडावर

जितका ओढा आहे तितका तांब्यावर नाहीं. मोरचुताचें पाणी करून एका काचपात्रांत ठेवा, त्यांत तुमच्या जवळच्या चाकूचें पातें बुडवा, आणि अमळ त्या पाण्यांत ठेवून बाहेर काढा, ह्मणजे चाकूच्या पातावर कांहीं काळी भुकटी आल्याप्रमाणें दिसेल: त्या पातावर तुह्मीं आपलें बोट चोळून त्यास धुवा ह्मणजे तुह्मास तें चाकूचें पातें तांब्याचें आहे असें दिसेल. तुह्मीं लोखंडाचें पात मोरचुताच्या पाण्यांत बुडविलें, तेव्हां गंधकाच्या अर्कानें तांब्यास सोडून त्याची लोखंडावर अधिक प्रीति आहे ह्मणून त्यास धरिलें, तेव्हां तांबें एकीकडे पडून तें स्वस्वरूपानें लोखंडावर दिसूं लागलें.

८५. दृढ पदार्थांवर विशेष विचार–प्रयोग १४ वा.—मागें सांगितलें कीं दृढ पदार्थाचे आकारमानांत आपणास सहसा भेद करितां येत नाहीं. याचा अर्थ इतकाच समजावयाचा कीं आपणास अल्प स्वल्प जोरानें लक्षांत येण्याजोगा फरक करवत नाहीं. आतां आपण कांहीं प्रयोग करून पाहूं. हातांत एक मोठी लोखंडी पहार घे, नंतर तिच्यावर आपला भार घालून ती लवत्ये किंवा नाहीं तें पाहा. ती लवत नाहीं, मोडत नाहीं, लांबत नाहीं किंवा दबत नाहीं, तिला पीळ देईन ह्मटलें तर पीळ देतां येत नाहीं. परंतु या सर्व गोष्टी आपल्या हाताच्या जोरानें मात्र होत नाहींत इतकें समजावयाचें. आपण हिरकुटाची एकादी बारीक काडी घेतली असती तर तिला वांकवून मोडून टाकण्यास फार कठीण पडलें नसतें.

८६. पदार्थांचा बळकटपणा.—वरील व्याख्याना-

वरून असें लक्षांत येईल कीं सर्व पदार्थ एकसारखे बळकट नसतात. लांकडापेक्षां लोखंड बळकट असतें. सुताच्या दोरीपेक्षां लोखंडाची सांखळी बळकट असते. कितीएक पदार्थ स्थितिस्थापक असतात. ह्मणजे जशी वेताची काठी. ही जरी लवविली तरी ती फिरून सोडिली ह्मणजे सरळ होते. कितीएक पदार्थ ठिसूळ असतात. जशी मातीची विटकर लववावयास लागलें तर मोडून तुकडे होतात.

कारागीर लोकांस, कोणता पदार्थ किती बळकट आहे याची चांगली माहिती असते. त्यांस घरें, मोठाल्या इमारती किंवा पूल बांधावयाचे असतात, तेव्हां कामांत घेतलेल्या पदार्थांवर भार किती येणार आहे याचें अनुमान करून त्याप्रमाणें त्यांस बळकट पदार्थ घ्यावे लागतात. इमारत किंवा पूल बांधतांना कारागीर लोकांची बहुतकरून अशी चाल आहे कीं, त्यावर किती भार येणार असेल त्याचा कयास करून त्याच्या आठपट किंवा दसपट भार साहीत असे बेताचे पदार्थ ते कामांत लावितात. यामुळें त्यांचीं कामें भक्कम होऊन टिकाऊही होतात. ज्यांस ही माहिती नाहीं त्यांचीं कामें लवकर मोडकळीस येतात.

४७. **घर्षण.**—पदार्थांच्या संबंधानें घर्षणाविषयीं कांहीं सांगितलें पाहिजे. एका पदार्थावरून आपण दुसरा पदार्थ सारूं लागतों, तेव्हां त्यांच्या आंगीं जो खडबडीतपणा असतो त्यामुळें त्याच्या गतीस प्रतिबंध होतो. या प्रतिबंधास आपण घर्षण हें नांव देतों. सर्व पदार्थांत घर्षण सारखें नसतें. पदार्थाच्या आंगीं खडबडीतपणा कमी असला ह्मणजे घर्षणाचा प्रतिबंध कमी होतो. शेवाळीनें मार्ग बुळबुळीत

झाला असला म्हणजे त्याच्यावरून चालण्यास कठीण पडतें हें सर्वांस माहीत आहे. प्रसंगाप्रमाणें कितीएक ठिकाणीं घर्षण वाढवावें लागतें, कितीएक ठिकाणीं तें फार कमी करावें लागतें. पावसाळ्यांत आंगण भिजून निसरडें झालें तर आपण त्यावर रेती घालून तें चालण्याजोगें करितों, म्हणजे घर्षण वाढवितों असें म्हटलें पाहिजे. आणि गाडीच्या चाकाचा आंस घांसून जाऊं नये आणि बैलांस गाडी ओढण्यासही हलकें पडावें म्हणून आपण गाडीला वंगण देतों, म्हणजे आंसावर तेल टाकितों, त्यामुळें घर्षण कमी होतें. पदार्थांमध्यें घर्षण आहे म्हणून बरें. त्यांस पाहिजे त्या ठिकाणीं बेताबातानें ठेवितां येतें आणि मनुष्यमात्रास या पृथ्वीवर पाहिजे त्या ठिकाणीं वागतां येतें. घर्षण जर नसतें तर पदार्थांस व प्राणिमात्रांस कोठेंच थारा मिळाला नसता.

प्रवाही पदार्थांचा स्थैर्यविचार.

४८. **प्रवाही पदार्थांचे स्वाभाविक धर्म.**—पदार्थांच्या दृढतेला कारण त्याच्या कणांतील **स्नेहाकर्षण होतें,** तसेंच पदार्थांच्या प्रवाहीपणाला किंवा पातळपणाला कारण **स्नेहाकर्षणाचा अभाव** होतो. ह्या स्नेहाकर्षणाच्या कोताईमुळें पातळ पदार्थांच्या कणांची पाहिजे तशी ढवळाढवळ करितां येते, आणि पातळ पदार्थ कसल्याही भांड्यांत घातले असतां त्यांचे कण त्या भांड्याच्या सांधीकोंदींत देखील शिरून बसतात.

पातळ पदार्थांच्या कणांत स्नेहाकर्षणाचा केवळच अभाव नसतो. त्यांत अल्पसें स्नेहाकर्षण असतें म्हणूनच त्यांचे लहान मोठे थेंब बनतात. ह्या अल्प स्नेहाकर्ष-

णाच्या अधिक उष्णपणामुळेंच मध वगैरे पदार्थ पाण्यापेक्षां घनसर असतात, ईथर ह्या नांवाची दारू वगैरे पदार्थ पाण्यापेक्षां पातळ असतात, आणि पूर्ण पातळ हें नांव कोणालाच देतां येत नाहीं. उष्णतेनें स्नेहाकर्षण कमी होतें, ह्मणूनच घन पदार्थ उष्ण केल्यानें पातळ होतात.

एखाद्या उंच ठिकाणावरून बर्फाचा गोळा डोकीवर पडला, तर त्याच्या कणांतील स्नेहाकर्षणामुळें त्या सर्वांचा आघात एकाच बिंदूवर घडतो, ह्मणून तो असह्य होतो. परंतु त्याच उंच ठिकाणावरून त्या बर्फाचें पाणी डोकीवर पडलें, तर त्यांतील कण एकमेकांशीं बांधलेले नसल्याप्रमाणें प्रत्येक कणाचा आघात वेगळाला होतो, ह्मणून त्याचा मार लागत नाहीं. अल्प स्नेहाकर्षणाचीं कार्यें टळटळीत नसतात, ह्मणून प्रवाही पदार्थांत स्नेहाकर्षणाचा अभाव असतो हें ह्मणणें व्यवहारांतल्या स्थूल दृष्टीनें घेतलें पाहिजे.

पातळ पदार्थांना वायुरूपी पदार्थांपासून वेगळें दाखविण्याकरितां **असंकोच्य प्रवाही** ह्मणत असतात, तरी ते केवळ असंकोच्य नसतात. पैझामेतर (संकोच्यतामापक) नांवाच्या बारीक दस्त्याच्या व मोठ्या कोठ्याच्या शिशींत वाफेचें पाणी घालून तिच्या दस्त्यावर एका वातावरणाचा (दर चौरस इंचास सुमारें १५ पौंडांचा) दाब घातला, तर तें पाणी आपल्या आकारमानाच्या $\frac{१}{२००००}$ दबतें. पारा ह्याच्या $\frac{१}{१०}$ पट दबतो, आणि ईथर ह्याच्या २॥ पट दबतें. पातळ पदार्थांची धार दगडावर धरिली तर त्याचे थेंब चौफेर उडूं लागतात. ह्या उडण्याला

कारण त्या थेंबांचें स्थितिस्थापकत्व होतें. ह्यावरूनही पातळ पदार्थ अल्पमानानें तरी दबतात हें उघड होतें. पण हें दबणें सहज दिसत नाहीं, ह्मणून असंकोच्य हेंही ह्मणणें व्यवहारांतल्या स्थूल दृष्टीनेंच घेतलें पाहिजे.

पातळ पदार्थांत सच्छिद्रता असते म्हणून त्यांत घनपदार्थ मुरून अदृश्य होतात. तसेंच पातळ पदार्थांत निर्भेद्यता असते म्हणून त्यांत अच्छिद्र पदार्थ बुडवून त्यांचें घनफल मोजतां येतें.

ह्या शास्त्राचा विषय.—प्रवाही पदार्थांच्या स्थैर्यशास्त्रांत प्रवाही पदार्थांनीं पोंचणारे दाब, आणि प्रवाही पदार्थांच्या समतोलनाचीं कारणें, ह्या गोष्टींचा विचार येतो.

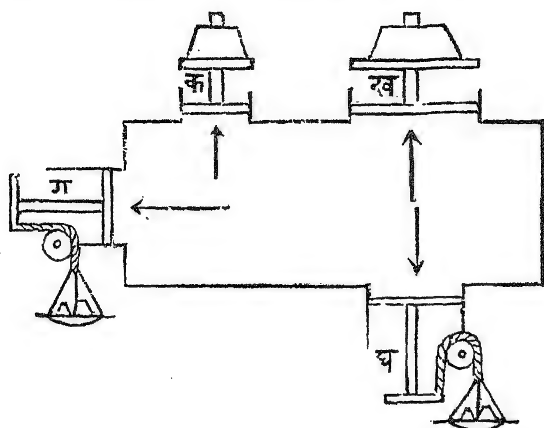
४९. **पास्कलचा नियम.**—गुरुत्वाकर्षणाचें कार्य घडत नसलें, तर कोंडलेल्या प्रवाहीवर ज्या दराचा दाब घालावा त्याच दराचा दाब त्या प्रवाहीच्या साहीकडच्या पृष्ठांवर पोंचतो; व तो त्या पृष्ठांशीं काटकोनाच्या दिशांत लागू होतो.

रचलेल्या गडग्यांतल्या विटा त्यांमधल्या घर्षणानें किंवा चिखलानें बांधलेल्या असतात. म्हणून त्यांतील एकच वीट पुढें लोटली, तरी तिची हालचाल न होतां तो सगळाच गडगा पुढें सरतो. परंतु ताज्या आंवळ्यांनीं पातेली भरून त्यांतील एक आंवळा खालीं लोटिला तर त्याचा पृष्ठभाग सुळसुळीत असल्यामुळें तो भोंवतालच्या आंवळ्यांशीं बांधलेला नसतो, म्हणून तो पुढें लोटिल्या बरोबर त्या पुढच्या तीन आंवळ्यांच्या मध्यें शिरून त्यांना तिहींकडे लोटतो. ह्या लोटण्याबरोबर तो प्रत्येक आंवळा त्या पुढच्या तीन तीन आंवळ्यांच्या मध्यें शिरून

त्यांना तिहींकडे लोटतो. ह्या परंपरेनें त्या पातेलींतल्या एकंदर आंवळ्यांची हालचाल होते. पातळ पदार्थांचे कण स्नेहाकर्षणानें बद्ध नसतात, म्हणून त्यांतल्या थोड्याशा कणांवर दाब घातला कीं, त्याबरोबर भोंवतालच्या एकंदर कणांची हालचाल वर सांगितल्याप्रमाणें झाली पाहिजे. अर्थात् हा दाब प्रवाहीमधल्या कोणत्याही बिंदूवर सर्व बाजूंकडून लागू झाला पाहिजे, आणि त्याच्या पृष्ठांतल्या बिंदूवर निमे बाजूकडून लागू झाला पाहिजे. सरळ पृष्ठांतल्या बिंदूवर त्या पृष्ठाच्या एकीकडच्या एकंदर दिशांतील दाबाचें संयुक्त फळ त्या पृष्ठाशीं काटकोनांतच घडावयाचें. ह्यावरून हा दाब प्रवाहीच्या साही बाजूंच्या पृष्ठावर त्या त्या पृष्ठाशीं काटकोनाच्याच दिशांनीं लागू झाला पाहिजे. अशा विचारानें हा नियम **पास्कल** नामक भूमितिज्ञानें (वस्तुतः आकृति शास्त्र्यानें) प्रथम उदयास आणिला, म्हणून ह्याला पास्कलाचा नियम म्हणतात. हा नियम प्रयोगाच्याही आधारें स्थापित होतो.

प्रयोग १४ वा.—पाण्याच्या पिचकारीचे तोटीपुढें एक पोकळ गोळा जडून त्याला चोहींकडे भोंकें पाडावीं, उपरांत तिचा दट्या जितक्या जोरानें लोटावा तितक्या जोरानें त्या भोंकांतून पाणी बाहेर पडतें. हा दाब साहींकडे लागू नसता तर गोळ्याच्या सर्व भोंकांतून पाणी उडालें नसतें. तसेंच तो दाब घातलेल्या जोराचा नसता तर पाण्याच्या धारा अधिक जोरानें अधिक लांब गेल्या नसत्या. येथें पाण्याच्या धारा खालीं नमतात हें कार्य गुरुत्वाकर्षणाचें आहे.

प्रयोग १५ वा.—एक डबा बाजूस दाखविल्याप्रमाणें बनवा. त्याचा **क** हा दट्या $\frac{1}{2}$ चौरस इंच तोंडीचा आणि **ख,ग,घ,**हे दट्ये ३, २ व १ चौरस इंच तोंडीचे खोबरेलानें माखून लावा. एका दट्याच्या तोटीवाटे तो डबा पाण्यानें भरा. ह्याच्या वरच्या पृष्ठाचे दट्ये **क, ख,** ह्यांवर त्या पा-



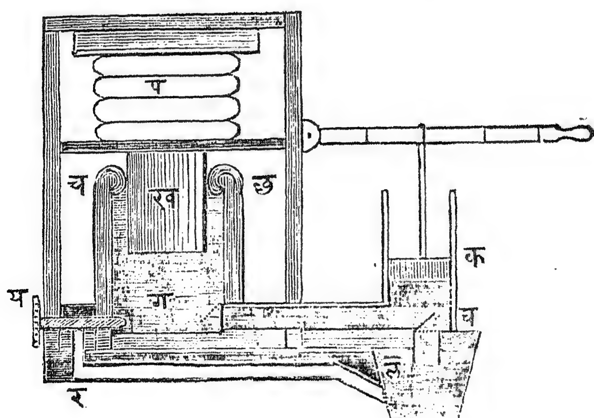
आकृति १२ वी.

ण्याचा भार लागू होणार नाहीं. परंतु डाव्या व खालच्या पृष्ठाचे दट्ये **ग, घ,** ह्यांवर पाण्याचा भार लागू होऊन त्यानें ते त्या त्या बाजूस सरूं लागतील. नंतर ह्या दट्यांचें हें बाहेर सरणें बंद व्हावें आणि त्यांनीं आंत सरूं लागूं नये इतक्या बेताचींच वजनें **ग**च्या व **घ**च्या पारड्यांत घाला ह्मणजे ह्या दट्यांवरील गुरुत्वाकर्षणाचें कार्य नाहीसें होईल.

आतां ह्या गुरुत्वाकर्षणाचें कार्य न घडण्याच्या स्थि-

तींत **क** दट्ट्यावर २॥ पौंदांचें वजन ठेविलें तर त्यावर १/२ चौ. इंचास २॥ पौंद किंवा १ चौ. इंचास ५ पौंद ह्या दराचा दाब घातला जातो. हा दाब कोंडलेल्या प्रवाहीनें **ख**, **ग**, **घ**, ह्या दट्ट्यांवर तिराच्या रोखानें लागू होतो. ह्मणून त्यांनें हे तिन्ही दट्ट्ये बाहेर सरूं लागतात. येथें **ख**वर १५ पौंदांचें आणि **ग**, **घ**, ह्यांच्या पारड्यांत अनुक्रमें १० व ५ पौंदांचीं अशीं वजनें ठेवून ह्या दट्ट्यांवर वरच्याच दराचे विरुद्ध दाब लागू केले, तरच हे दट्ट्ये समतोल होतात. ह्या प्रयोगावरून पास्कलचा नियम खरा ठरतो.

५०. ब्रामाहचा दाब.—पास्कलच्या नियमाचा व्यवहाराकडे उपयोग करण्याचें यंत्र प्रथम **ब्रामाह** यानें शोधून काढिलें, त्याला **ब्रामाहचा दाब** ह्मणतात.



आकृति १३ वीं.

वरील आकृतींत ब्रामाहच्या दाबाचा मधला छेद दाख-

विला आहे. ह्यांत **ग** आणि **घ** ह्या दोहोंकडच्या उभ्या नळांत **कख** प्रमाणें दट्टे गच्च फिरतसे अडकविलेले असतात. ह्यांतील **क**ची तोंडी १ चौरस इंच असून **ख**ची तोंडी १००० चौरस इंच असली, आणि **क**वर ५ मणांचा दाब घातला, तर **ख**वरचा पदार्थ **प** हा ५००० खंडीच्या दाबानें वर चेपला जाईल, हें उघड आहे. ह्याप्रमाणें लहान मोठे दट्टे योजून ह्या यंत्रानें पाहिजे तेवढा प्रचंड दाब लागू करितां येतो.

आतां हें यंत्र रिकामें असेल तेव्हां त्यांत पाणी भरितां यावें, आणि **ख** दट्ट्याखालीं अधिकाधिक पाणी कोंडून तो दट्ट्या शिकस्त उंचीपावेतों उचलतां यावा, ह्यासाठीं ह्या यंत्राचा उजवा भाग हा संकोचक बंबा†प्रमाणें तयार करून त्या खालच्या पाण्याच्या टांक्याशीं जोडलेला असतो. **क** दट्ट्या वर उचलला ह्मणजे **ख**चा दाब खालच्या कोंडलेल्या पाण्यावर पडून त्यानें **ग** झडप बंद होते, त्यामुळें **क**च्या खालीं निर्वात देश होतो. असें झालें ह्मणजे **घ** खालच्या टांकींतल्या पाण्यावर जो वातावरणाचा दाब असतो त्यानें तें पाणी **घ** झडप उघडून त्या निर्वात देशांत भरतें. उपरांत **क** दट्ट्या खालीं दाबला ह्मणजे घातलेल्या दराचा दाब खालच्या कोंडलेल्या पाण्यावर पडतो. त्यानें **घ** झडप बंद होऊन **ग** झडप उघडते, ह्यामुळें तो दाब **ख** दट्ट्यावर पडून त्यानें तो दट्ट्या वर उचलतो. ह्या रीतीनें **ख** दट्ट्या शिकस्त उंचीस

---

† ह्या कलमांतलें संकोचक बंबाचें कार्य हें वायुरूपी पदार्थांतील उच्चालक बंब समजून घेतल्यानंतर वाचावें. ह्मणजे समजुतीस येईल.

चढला ह्मणजे त्याखालचें पाणी **ग** च्या डावीकडचा **य** काक उघडून, **रल** तोटीच्या वाटे **घ** खालच्या टांक्यांत सोडून देतात, आणि पुन्हा यंत्र चालू करितात.

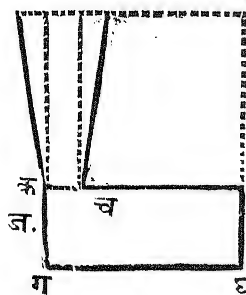
ह्या यंत्रांतल्या पाण्यावर जो प्रचंड दाब लागू होतो, यानें तें पाणी **ख** दट्याच्या बाजूंनीं वर उडूं पहातें. ह्मणून त्याभोंवतालच्या नळाच्या तोंडाशीं धातूचें कडें अडकवून, त्यावर **च छ** स्थळीं दाखविल्याप्रमाणें चामड्याची दूण गुतविलेली असते. ह्या दुणींत तें पाणी शिरून ती दूण तेवढ्या जोरानें फुगवितें, ह्यामुळें ही चामड्याची दूण तिजमधल्या दट्याशीं चुस्त राहते.

कापूस, कापड, गवत वगैरे पदार्थ दाबून त्यांचे गठ्ठे बांधणें; तीळ, करडई, वगैरे धान्यें दाबून त्यांचीं तेलें गाळणें; तोफा, वाफेचे बॉईलर (सतेलीं) तारांचीं चऱ्हाटें हीं केवढाले जोर सोसण्याजोगीं आहेत ते जोर मोजणें; अशा बहुत कामांत ब्रामाहच्या दाबाचा उपयोग करितां येतो. **इंग्लंदांत मेवाई** सामुद्रधुनीमध्यें जो **ब्रितानिया** नांवाचा लोखंडी नळाचा प्रचंड पूल बांधिला आहे, त्याचे मोठमोठाले भाग ब्रामाहच्याच दाबानें उचलून जागच्या जागीं बसवितां आले. असा हा दाब अत्यंत उपयोगाचा आहे.

५१. **दाबाचा नियम.**—मोकळ्या प्रहाहीचा त्यामधल्या क्षेत्रावरील दाब हा, त्या क्षेत्राच्या मध्यम ओंडीच्या (गुरुत्वमध्याच्या ओंडीच्या) प्रमाणांत असतो.

पुढील गोमुखाकृति ही एक मोकळ्या तोंडाचें भरलेलें भांडें दाखविते असें कल्पा. ह्या भांड्यांतील पाण्याचा

प्रत्येक कण ओळंब्याच्या रेषेनें भूमध्याकडे ओढला



आकृति १४ वी.

जावयाचा, आणि हे कण एकमेकांच्या गतीला प्रतिबंध करावयाचे नाहींत. ह्यावरून **कच** ह्या क्षितिजसमांतर थरावर **लक** ओंडीच्या प्रमाणाचा दाब पडेल ह्मणजे **कचलव** एवढ्या उदकपिंडाचा भार पडेल.

येथें **कखगघ** ह्या कोंडलेल्या प्रवाहीच्या **कच** थरावर **लक** ओंडीच्या मानाचा दाब घातला आहे. ह्मणजे **लक** ओंडी १० इंच असली तर दर चौ. इंचावर १० घनइंच पाण्याचा दाब घातला आहे. ह्यावरून मागील नियमाप्रमाणें ह्याच दराचा दाब **गघ** पृष्ठावर लागू झाला पाहिजे. ह्मणजे **गघ** पृष्ठावर **गघ** × **लक** = **कखलश** एवढ्या उदकपिंडाचा भार लागू झाला पाहिजे. **गघ** पृष्ठावर **गघकख** ह्या कोंडलेल्या पाण्याचा भार मूळचाच असल्यामुळें, एकंदर भार **गघलश** उदकपिंडाचा होतो म्हणजे **लग** ह्या ओंडीच्या मानाचा होतो. ह्यावरून मोकळ्या प्रवाही मधल्या क्षितिजसमांतर पृष्ठावर त्याच्या ओंडीच्या मानाचा दाब लागू होतो हें सर्वांशीं सिद्ध आहे.

आतां ह्या भांड्याच्या **कग** उंचीचें पृष्ठ हें क्षितिजसमांतर अशा रेघेसारख्या पृष्ठांत विभागिलें, तर **क** रेघेवर **लक** मानाचा दाब येऊन **ग** रेघेवर **लग** मानाचा दाब येतो. म्हणून **क** + **ग** ह्या रेखारूपी क्षेत्रांवर $\frac{\text{लक} + \text{लग}}{2}$ = **लज**

ह्या मध्यम मानाचा दाब येतो. ह्या विचारानें **क** खालची २ री रेघ व **ग** वरची २ री रेघ, **क** खालची ३ री रेघ व **ग** वरची ३ री रेघ अशा प्रत्येक जोडीवर **लज** ह्या मध्यम मानाचाच दाब येत असून ह्या जोड्यांच्या बेरजेनें **कग** पृष्ठ होतें, म्हणून त्यावर **लज** ह्या मध्यम ओंडीच्या प्रमाणाचा दाब येतो असें म्हटलें पाहिजे. हा उभ्या पृष्ठाचाच विचार तिर्कस पृष्ठालाही लागू व्हावयाचा. ह्यावरून मोकळ्या प्रवाहीचा त्या मधल्या क्षेत्रावरील दाब त्याच्या मध्यम ओंडीच्या प्रमाणांत असतो हें सिद्ध आहे.

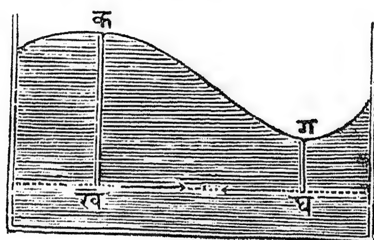
प्रयोग १६ वा.—एका पंचपात्रांत पाणी भरा आणि त्याच्या बाजूस एकाखालीं एक अशीं तीन चार भोंकें पाडा, ह्मणजे त्यांतून पाणी बाहेर पडूं लागेल. येथें तुमच्या असें दृष्टीस पडेल कीं, वरील भोंकांतून जितक्या जोरानें पाणी बाहेर पडतें त्यापेक्षां त्याच्या खालच्या भोंकांतून अधिक जोरानें पाणी बाहेर पडत आहे. भोंक जसजसें अधिक खालीं असेल तसतसा त्याच्यांतून पाण्याचा बाहेर येण्याचा जोर अधिकाधिक असतो.

पास्कलाचा प्रयोग.—प्रवाही पदार्थाचा शिरोभाग उंच केल्यानें त्याचा दाब वाढतो, ही गोष्ट पास्कलानें प्रत्यक्ष प्रयोगानें अनुभवास आणून दिली ती अशी —एक मजबूद पिंप पाण्यानें भरून त्याच्या माथ्याच्या छेदांत सुमारें ३० फूट उंचीची नळी बसविली, आणि ती पाण्यानें भरली. ह्या कृतीनें पिंपांतील पाण्यावर जरी दोन तीन शेरांचीच भर पडली, तरी तिनें त्या पाण्याचा शिरोभाग सुमारें ३० फूट उंचीवर गेला. ह्या कारणानें त्या-

पिंपांतील पृष्ठावर त्या पृष्ठाचे चौरस फूट × सुमारें ३० फूट मध्यम ओंडी ह्या इतक्या घनफूट पाण्याच्या वजनाएवढा प्रचंड दाब लागू होऊन, त्यानें त्या पिंपाचे सांधे उकलून त्यावाटे पाण्याच्या चिळकांड्या उडूं लागल्या.

ह्यावरून लक्षांत येईल कीं, एखाद्या डोंगराच्या कड्यामध्यें मोठ्या कोठ्याची व खूप उंचीची मूर असून ती एखाद्या पावसाळ्यांत पाण्यानें भरली, तर त्याच्या प्रचंड दाबानें तो कडा कोसळून जाईल. ह्या दाबानें कधीं कधीं डोंगराचे मोठाले कडे कोसळून त्याच्या पोटांतले थर मनुष्याच्या उपयोगासाठीं मोकळे होत असतात.

५२. स्थिर प्रवाहीचा पृष्ठभाग समपातळींत राहतो.— प्रवाही पदार्थांचा पृष्ठभाग खालीं दाखविल्याप्रमाणें उंच-



आकृति १९ वी.

सखल झाला असतां एक तर **क** उंचवट्यांतले कण भूमीच्या आकर्षणामुळें **ग** कडे घसरूं लागतील. दुसरें त्या पदार्थांच्या **खघ** ह्या कोणत्याही क्षितीजसमांतर थरावर **गघ** खोलवट्यापेक्षां **कख** उंचवट्याचा मोठा दाब लागू होऊन त्यानें **खघ** मधले कण **घ** कडे सरकूं

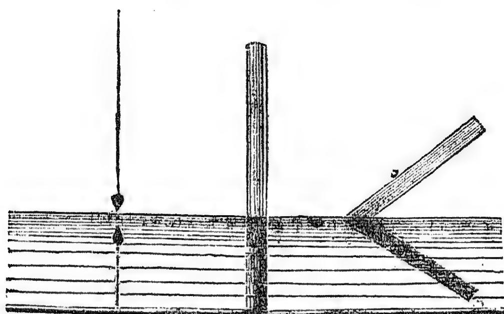
लागतील (क. ५१). अर्थात् ह्या हालचालीनें प्रवाही पदार्थाचें पृष्ठ समपातळींत आलें ह्मणजे तो स्थिर राहील.

प्रवाही पदार्थाचा पृष्ठभाग समपातळींत आला किंवा ओळंब्याच्या रेषेशीं काटकोनांत आला ह्मणजे त्यांतील कण भूमध्यापासून समान अंतरावर येतात, ह्यामुळें त्यावर समान आकर्षण लागू होतें. त्या समपातळीखालच्या प्रत्येक क्षितीज समांतर थरांतल्या कणावरही वरच्याच रीतीनें समान आकर्षण लागू होतें ह्यामुळें कोणत्याही थरांतल्या कोणत्याही कणावर समान व विरुद्ध दाब लागू होतो. तसाच ह्या प्रवाहीचा जो भार भोंवतालच्या भागावर अगर प्रतिबंधावर लागू होतो तेवढाच त्याचा प्रतिकार त्या प्रवाहीवर लागू होतो, ह्यामुळें तो प्रवाही समतोल राहतो.

घन पदार्थ समतोल होण्याला त्याच्या गुरुत्वमध्याला टेका (आधार) मिळावा लागतो, आणि त्याचे कण एकमेकांशीं व गुरुत्वमध्याशीं स्नेहाकर्षणानें बांधलेले रहावे लागतात. त्याप्रमाणेंच प्रवाही पदार्थ समतोल होण्याला त्याचें पृष्ठ समपातळींत (ओळंब्याच्या रेषेशीं काटकोनांत किंवा भूमध्यापासून समान अंतरावर) यावें लागतें, आणि त्याच्या कणावर सर्व बाजूंनीं समान व विरुद्ध दाब लागू व्हावे लागतात. स्थिर प्रवाहीचा पृष्ठभाग समपातळींत राहतो ही गोष्ट प्रत्यक्ष प्रयोगांनींही स्थापित होते.

प्रयोग १७ वा.—एका पात्रांत पाणी घालून त्यांत एक काठी तिर्कस धरावी ह्मणजे तिचें प्रतिबिंबही पाण्यांत

तितकेंच तिर्कस दिसतें. ही काठी उभी धरली तर

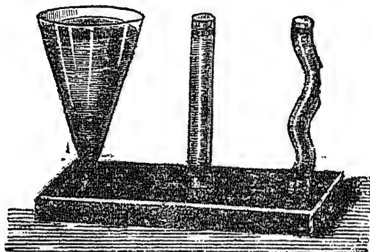


आकृति १६ वी.

तिचें प्रतिबिंबही खालीं उभें होतें, आणि काठी व तिचें प्रतिबिंब हीं दोन्ही एका सरळ रेषेंत दिसतात. उभ्या काठीबद्दल जर पाण्यावर ओळंबा धरिला तर त्याचें प्रतिबिंबही खालीं उभें दिसतें. पाण्याच्या पातळीवरील ओळंबा आणि त्याचें प्रतिबिंब हीं एका सरळ रेषेंत दिसतात तेव्हां तो ओळंबा त्या पातळीवर लंब ह्मणजे उभा असला पाहिजे. प्रत्येक स्थलांतील ओळंब्याच्या रेषेचा रोख भूमध्याकडे असल्यामुळें ती तेथली भूत्रिज्या दाखविते, आणि ह्या रेषेशीं प्रवाहीचें पृष्ठ आडवें असतें, ह्यामुळें प्रवाहीचें लहानसें पृष्ठ जरी तेथल्या क्षितिजाशीं समांतर किंवा सपाट दिसतें, तरी महासागरासारखें विस्तीर्ण पृष्ठ हें गोलपृष्ठाप्रमाणेंच फुगीर असलें पाहिजे. यावरून समपातळीचा अर्थ क्षितिज समांतर किंवा सपाट असा करून भूमध्यापासून समान अंतरावर असाही केला पाहिजे.

प्रयोग १८ वा.—वरील नियम एका कोठ्याच्या

किंवा जोडलेल्या भांड्यांतही खरा आढळतो. खालच्या आकृतींत एका कोठ्याला जोडलेल्या तऱ्हेतऱ्हेच्या नळ्या दाखविल्या आहेत.



आकृति १७.

ह्या सर्व नळ्यांतून वर चढेल इतकें पाणी जर या भांड्यांत ओतिलें, तर तुमच्या नजरेस असें येईल कीं, नळ्या पसरट, निमुळत्या, उभ्या, तिर्कस, लहान, किंवा मोठ्या, कशाही असल्या तरी त्या सर्वांतलें पाणी समपातळींत असतें.

प्रवाहीचा दाब ओंडीप्रमाणें वाढतो, यामुळेंच एका कोठ्याच्या भांड्यामध्यें समान उंच्यापावेतोंच प्रवाही पदार्थ चढतो. ह्यावरून लक्षांत येईल कीं, कारंज्याचा खजिना किंवा शिर, हें जितकें उंच असेल; तितक्या उंचीपावेतों कारंजें उडेल. तसेंच जितक्या उंचीवरचें पाणी नळांनीं शहरांत आणिलें असेल; तितक्याच उंचीपावेतों तें पाणी मजल्यावर चढेल.

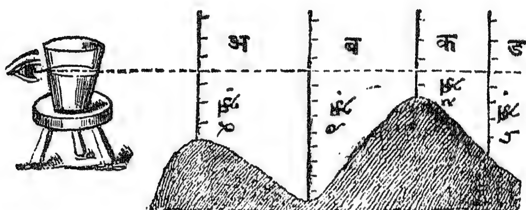
पाण्याच्या उगमापासून जसजशा खोलीस नळांनीं पाणी न्यावें; तसतशा मानाचा प्रचंड दाब त्या नळावर लागू होऊन ते फुटण्याचें भय उत्पन्न होईल. ह्मणून ते

नळही तशाच मजबुतीचे असले पाहिजेत. युरोपामध्यें फ्रान्स वगैरे देशांतल्या खोऱ्यांतून किंवा दोन डोंगरांमधल्या प्रदेशांतून सुरुंगी विहिरी हल्लीं तयार करीत असतात. आणि चीन व मिसर ह्या देशांत अशा विहिरी प्राचीन काळीं तयार करीत असत. ह्याला आधार पाण्याचें पृष्ठ समपातळींत राहावयाचें हाच नियम आहे.

५३. **पाणसळ व तिचें शोधन.**—सडका, आगगाडीचे रस्ते, कालवे, इत्यादि कामांसाठीं वेगळाल्या स्थलांचे उंचसखलपणें मोजून त्यावरून समपातळी किंवा नेमलेल्या चढावाची अगर उताराची पातळी शोधावी लागते. ह्या कामीं पाणसळीचा (ह्मणजे उदकाच्या क्षितिजसमांतर पृष्ठाचा) मोठा उपयोग होतो. उदाहरणार्थप्रयोग १७ वा ह्यावरून लक्षांत येईल कीं, एका विस्तृत तोंडाच्या ग्लासांत जर पाणी घातलें, आणि पाण्याच्या समपातळींत आपला डोळा ठेवून सभोंवतालचे पदार्थ रोंखले, तर त्यांतून त्या पातळींत किती आहेत, वर किती आहेत, आणि खालीं किती आहेत, याचें ज्ञान झटदिशीं होतें. इतकेंच नाहीं, पण पुढील प्रयोगावरून पहाल तर फारसा श्रम न पडतां एका ठिकाणची जमीन दुसऱ्या ठिकाणच्या जमिनीपेक्षां किती उंच किंवा सखल आहे तेंही बरेंच सुमारानें काढतां येईल.

प्रयोग १९ वा.—एका रुंद तोंडाच्या ग्लासांत पाणी घालून तें ग्लास एखाद्या पदार्थावर ठेवा, आणि पाण्याच्या पातळींत तुमचा डोळा आणा, नंतर दुसऱ्या मनुष्यास हातांत एक काठी घ्यावयास सांगा. तिच्यावर तळापा-

सून फुटांच्या खुणा चांगल्या ठळक दिसतील अशा करून ठेवा. ज्या जमिनीची उंची किंवा खोली काढावयाची असेल त्या ठिकाणीं जाऊन ती काठी उभी धरावयास सांगा, आणि ग्लासांतील पाण्याच्या समपातळींत उभारलेल्या काठीचे किती फूट येतात ते वाचा, ह्मणजे ती जमीन तुमच्या ग्लासांतील पाण्याचे समतेच्या खालीं तितके फूट आहे हें लागलेंच समजेल. याप्रमाणें पाहिजे तितके ठिकाणीं काठ्या धरून तीं तीं ठिकाणें ग्लासांतील पाण्याचे समतेखालीं किती आहेत हें काढतां येईल. पुढची आकृती पहा.



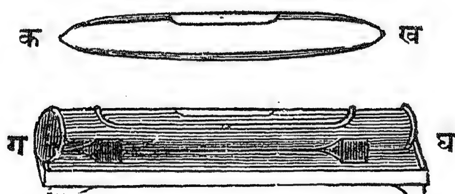
आकृति १८ वी.

वरील आकृतींत ग्लासांतील पाण्याचे समतेखालीं अ येथील जमीन ४ फूट खोल आहे, ब येथील ९ फूट खोल आहे, क येथील २ फूट खोल आहे, आणि ड येथील ५ फूट खोल आहे, असें समजलें. अर्थात सर्वांत उंच क येथील जमीन आहे आणि तिच्या खालीं ब येथील जमीन ७ फूट आहे. ह्याप्रमाणें दुसऱ्याही ठिकाणच्या जमिनीचा उंचसखलपणा काढतां येईल.

प्रयोग १८ वरून लक्ष्यांत येईल कीं, रबराची लांबच लांब नळी पाण्यानें भरून तिच्या दोन्ही शेवटांपावेतों

पाणी भरलेलें राहावें इतक्या बेताच्या उंचीपावेतों तीं शेवटें डोंगराच्या दोहों बाजूंस नेलीं, तर तीं दोन स्थळें एका पाणसळींतलीं किंवा समान उंच्यांचीं सांपडतील. अर्थात् त्या डोंगरांतील बोगद्याचें काम आणि त्याच्या दोन्ही बाजूंच्या सडकांचीं कामें ह्या दोन्ही स्थलांपासून एकदम सुरू करितां येतील. हा वरच्या प्रयोगांतील पाणसळीचा उपयोग लक्ष्यांत ठेवण्याजोगा आहे.

मद्यार्काची पाणसळ.—कख सारख्या कांचेच्या कमाणदार नळींत मद्यार्क भरून त्यांत वायूचा बुडबुडा राखतात. आणि त्या नळींचें तोंड बंद करून ती **गघ** सारख्या पितळेच्या किंवा लांकडाच्या घरांत आडवी बसवितात. (आकृति १९ पहा.)



आकृति १९ वी.

हें घर पाणसळ जमिनीवर ठेविलें ह्मणजे मद्यार्काचा पृष्ठभाग जमिनीशीं समांतर रहावयाचा ह्यामुळें वायूच्या बुडबुड्याचा मध्य कमाणीवरच्या बिंदुस्थलीं येतो. ह्या स्थितींत बुडबुड्याच्या मध्यबिंदूचें स्थान दाखविण्यासाठीं तेथें एक खूण करितात, किंवा त्याच्या दोहोंकडच्या शेवटच्या बिंदूचीं स्थानें दाखविण्यासाठीं तेथें दोन खुणा करितात. ह्मणजे ही पाणसळ तयार होते.

वर सांगितलेल्या रचनेवरून उघड आहे कीं, मद्यार्काची पाणसळ एकाद्या जमिनीवर पूर्वपश्चिम ठेविली असतां तींतील बुडबुड्याचा मध्य खुणेच्या पूर्वेस सरला तर, ती जमीन पूर्वेकडे उंच असेल आणि त्या पाणसळीचा पश्चिमभाग थोडा उचलून बुडबुड्याचा मध्य खुणेशीं येईसा केला ह्मणजे तिच्या पायाच्या लांबीनें दाखविलेली पूर्वपश्चिम जमीन क्षितिजाशीं समांतर होईल. ज्या दुर्बिणीने वर किंवा खालीं मद्यार्काची पाणसळ जोडलेली असते, ती दुर्बीण वरील रीतीनें क्षितिजसमांतर लावितां येते. असल्या दुर्बिणीला लेव्हल किंवा पाणसळ हेंच नांव देतात. १९ व्या प्रयोगांतील ग्लासाच्या जागीं असली दुर्बीण घेतली ह्मणजे तें काम तंतोतंतपणें करितां येतें ह्मणून असल्या दुर्बिणीच्याच आधारें हीं कामें करीत असतात.

५४. पाण्याची तारण्याची शक्ति आणि अर्कीमेदीज ह्याचा नियम.—प्रवाहींतल्या पदार्थानें जेवढा प्रवाही बाजूस सरतो, त्याच्या वजनाइतक्या जोरानें भोंवतालचा प्रवाही त्याला वर उचलतो, किंवा हलका करतो.

प्रयोग २० वा.—तुमच्या समोर पाणी भरलेलें पातेलें आहे त्यांत ही जड बुडाची तपेली सोडा. ही त्यांत उभी तरत आहे आणि हिच्या बुडाचा कांहीं भाग पाण्यांत बुडाला आहे. ह्या बुडालेल्या भागाइतकें पाणी तपेलीनें बाजूस सारलें किंवा तपेलीच्या भारानें बाजूस सरलें असें ह्मणतात. ह्या तपेलींत पाणी घालून तिचें वजन वाढवीत चला ह्मणजे तिच्या बुडाकडचें अधिका-

धिक पाणी बाजूस सरून ती तपेली अधिकाधिक खोल जाऊं लागते. तपेली हळूहळू भरीत चाललें ह्मणजे ती कांठोकांठ पाण्यांत बुडते, आणि ह्याहून अधिक भरली ह्मणजे तळीं बसते. ही पाणी भरलेली तपेली पाण्याबाहेर जितकी जड लागते, त्यापेक्षां पाण्यांत हलकी लागते.

उपपत्ति.—तपेली पाण्यांत नव्हती तेव्हां तिच्या जागीं तिच्या आकाराइतकें पाणी होतें. हें तपेलीच्या आकाराइतकें पाणी त्याच्या वजनाइतक्या जोरानें खालीं जावयाचें असून तें जेथल्या तेथें स्थिर होतें. त्या अर्थी त्याला तेवढ्याच जोरानें भोंवतालचें पाणी वर उचलीत असलें पाहिजे. आतां ह्या उचललेल्या पाण्याच्या जागींच पाणी घातलेली तपेली आली आहे. ह्मणून भोंवतालचें पाणी पूर्वी इतक्याच जोरानें तपेलीला वर उचलीत असलें पाहिजे, आणि ही तपेली तिच्या वजनाइतक्या जोरानें खालीं जात असली पाहिजे. एथें बाजूस सरलेल्या (तपेलीच्या आकाराइतक्या) पाण्याचें जें वजन तेंच भोंवतालच्या प्रवाहीची तपेलीला तारण्याची (उचलण्याची) शक्ति दाखवीत आहे. ह्यावरून ह्या तारक शक्तीपेक्षां तपेलीचें वजन कमी आहे, तोंपावेतों ही तपेली तरंगत राहिली पाहिजे, ह्या तारक शक्तीइतकेंच तपेलीचें वजन झालें ह्मणजे ही तपेली सगळी (कांठोकांठ) बुडाली पाहिजे. आणि ह्या तारक शक्तीपेक्षां तपेलीचें वजन जास्ती झालें ह्मणजे ती तारक शक्ति इतकीच हलकी होऊन तळीं बसली पाहिजे. हेच तीन प्रकार वरील प्रयोगांत दिसून येतात.

प्रयोग २१ वा.—वरील विचार अधिक स्पष्टतेनें पडताळण्यासाठीं वरील पातेलें एका परातींत ठेवून तें शिगलोट भरा. तसेंच तपेलीबद्दल एक वरवंट्यासारखा धोंडा रेशमी दोरीनें तराजूच्या एका पारड्याला टांगा आणि दुसऱ्या पारड्यांत त्याच्या भारोभार वजनें अगर खडे टाका. नंतर तोरणाशीं तराजू धरून तो धोंडा थोडथोडा पातेल्यांत बुडवीत चाला. ह्मणजे तो धोंडा अधिकाधिक हलका होऊन त्याच्याकडची दांडी वर उचलत चालेल आणि धोंडा सगळा पाण्यांत बुडाला ह्मणजे ती दांडी शक्यतेप्रमाणें परमउंचीस जाईल. ह्या स्थितींत धोंड्याच्या आकाराइतकें परातींत सांडलेलें पाणी धोंड्याकडच्या पारड्यांत घाला ह्मणजे ती तराजू धोंडा बुडण्याच्या स्थितींत पुन्हा समतोल होईल. ह्मणजे धोंड्याचें पाण्याबाहेरचें वजन हें त्याचें पाण्यांतलें वजन आणि त्याच्या आकाराइतकें पाण्याचें वजन ह्याच्या बेरजे-इतकें असतें हें अनुभवास येईल. ह्मणजे प्रवाहींतल्या पदा-र्थानें जेवढा प्रवाही बाजूस सरतो त्याच्या वजनाइतक्याच मानानें भोंवतालचा प्रवाही त्याला वर उचलितो हा अर्की-मेदीजचा नियम व्यक्त होईल.

वरील प्रयोग व उपपत्ति ह्यांत अर्कीमेदीजच्या नियमाचीं तीन तत्त्वें (फळें) दिसून येतात तीं अशीं:—

तत्त्व १ लें.—पदार्थाच्या आकाराइतक्या पाण्याचें वजन पदार्थाच्या वजनापेक्षां अधिक असलें तर तो पदार्थ पाण्यांत तरतो, आणि त्याच्या वजनाइतकें पाणी एकी-कडे सरतें.

तत्त्व २ रें.—पदार्थाच्या आकाराइतक्या पाण्याचें वजन पदार्थाच्या वजनापेक्षां कमी असलें तर तो पदार्थ पाण्यांत बुडतो, आणि त्याच्या आकाराइतकें पाणी एकीकडे सरतें. या एकीकडे सरलेल्या पाण्याचें वजन ह्मणजे पदार्थाच्या आकाराइतकें पाण्याचें वजन जितकें असतें तितक्यानेंच पाण्यांत बुडालेल्या पदार्थाचें वजन कमी होतें.

तत्त्व ३ रें.—पदार्थाच्या आकाराइतक्या पाण्याचें वजन पदार्थाइतकेंच असलें तर तो पदार्थ पाण्यावर तरणार नाहीं आणि पाण्यांत बुडणारही नाहीं, पाण्यांत पाहिजे त्या ठिकाणीं राहूं शकेल.

५५. इतर प्रवाही पदार्थांची उचलण्याची शक्ति.—ज्याप्रमाणें पदार्थास उचलण्याची शक्ति पाण्यांत आहे त्याचप्रमाणें दुसरे पातळ पदार्थांमध्येंही असली पाहिजे व ती त्या पातळ पदार्थांचे घनतेप्रमाणेंच अधिक उणी असली पाहिजे. आपण एकादा सोन्याचा गोळा घेऊन तो तेलांत, मधांत, अगर पाण्यांत बुडविला, तर त्या गोळ्याचे आकाराइतकाच तो पदार्थ एकीकडे सरेल, व त्या एकीकडे सरलेल्या पदार्थाच्या वजनाइतक्याच जोरानें तो गोळा वर उचलेल. ह्या गोळ्या एवढ्या पाण्यापेक्षां तेवढ्या तेलाचें वजन कमी भरेल, व गोळ्या एवढ्या पाण्याचें वजन जास्त भरेल, ह्मणून पाण्यापेक्षां तेलाची उचलण्याची शक्ति कमी असली पाहिजे, व पाण्याची अधिक असली पाहिजे हें उघड आहे. ह्याप्रमाणें वरील तिन्ही नियम एकंदर प्रवाहींना लागू होतात.

प्रयोग २२ वा.—लोखंडाचा एक तुकडा घेऊन त्यास पाण्यांत टाका. तो पाण्यांत बुडेल. अर्थात् पाण्यापेक्षां लोखंड जड आहे. आतां तोच लोखंडाचा तुकडा पाऱ्यामध्यें टाका. तो बुडावयाचा नाहीं. पाऱ्यावर तरंगत राहील. पाऱ्यापेक्षां लोखंड हलकें आहे ह्मणून तें पाऱ्यावर तरतें आणि पाण्यापेक्षां जड आहे ह्मणून पाण्यांत बुडतें.

या प्रयोगावरून आपल्या लक्षांत ही गोष्ट आली कीं, पाणी हलकें असल्यामुळें त्यास लोखंडाला पाऱ्याइतकें वर उचलतां आलें नाहीं. ह्मणून त्यांत लोखंड बुडालें. परंतु तें लोखंड पाऱ्यांत टाकिलें तेव्हां त्यास वर उचलण्याची पाऱ्याची शक्ति पाण्यापेक्षां आधिक असल्यामुळें त्यानें लोखंडास बुडूं दिलें नाहीं, वरच तरंगत ठेविलें.

या प्रयोगावरून पदार्थाचें दार्ढ्य काढतां येतें. तें कसें तें पुढें सांगतों.

९६. प्रयोग २३ वा. पदार्थांची दृढता मोजणें.—एक पंचपात्रीभर पाणी घेतलें, तितकाच मध घेतला, आणि दोहोंचेंही तराजूंत वजन केलें, तर पाण्याच्या सुमारें दीडपट वजन मधाचें भरेल. अर्थात् पाण्याचे सुमारें दीडपटीनें मध घट्ट आहे. पंचपात्रीभर पाऱ्याचें वजन सुमारें १३॥ पंचपात्र्या पाण्याचे इतकें भरतें. अर्थात् पाण्यापेक्षां पारा १३॥ पट दृढ आहे. या रीतीनें एकंदर पातळ पदार्थाचें दार्ढ्य काढतां येईल. परंतु एक धोंडा घेतला आणि त्याचें दार्ढ्य पाण्याच्या कितीपट आहे असें विचारलें तर त्याचें उत्तर कसें द्यावें? पातळ पदार्थासारखा धोंडा पंचपात्रींत ओततां येत नाहीं. पंचपात्रीभर धोंडा घेऊं असें ह्मणतां

येत नाहीं. परंतु मागें जे प्रयोग करून पाहिले त्यांवरून आपणास असें समजलें आहे कीं, पाण्यामध्यें जर धोंडा बुडवून तोलला तर त्याच्या आकारमानाइतकें पाणी एकीकडे सरतें आणि त्या एकीकडे सरलेल्या पाण्याइतकेंच धोंड्याचें वजन कमी होतें. तर मग धोंड्याचें पाण्याबाहेरचें वजन व पाण्यांतलें वजन ह्यांचें जें अंतर तें त्याच्या आकाराइतक्याच पाण्याचें वजन दाखवील. ह्यावरून ह्या अंतरानें धोंड्याचें पाण्याबाहेरचें वजन भागिलें तर तो भागाकार पाण्याच्या कितीपट धोंडा दृढ आहे तें दाखवील. अशा रीतीनें पाण्याशीं ताडून पाहिलेलें जें पदार्थाचें दार्ढ्य त्यास **विशिष्टगुरुत्व** अशी संज्ञा आहे. सोन्याचें विशिष्टगुरुत्व १९। आहे. याचा अर्थ असा कीं, जितके आकारमानाचें सोनें असेल तितक्याच आकारमानाचें पाणी घेतलें तर त्या पाण्याच्या वजनाच्या १९। पट सोन्याचें वजन आहे. अथवा १९। तोळे सोनें पाण्यांत तोललें तर त्याचें वजन १ तोळा तुटून १८। तोळे भरतें.

पदार्थांचें विशिष्टगुरुत्व काढण्याची युक्ति सुमारें दोन हजार वर्षांपूर्वी आर्किमेदीज या नांवाच्या **ग्रीसदेशांत** राहाणाऱ्या एका पंडितास सांपडली. ती गोष्ट अशीः—

५७. **आर्किमेदीज याची गोष्टः**—सुमारें दोन हजार वर्षांपूर्वी हायरो नामक राजा **ग्रीसदेशांत** राज्य करीत होता, त्याच्या पदरीं आर्किमेदीज या नांवाचा एक विद्वान् होता. राजानें एका सोनाराकडून आपल्याकरितां एक उत्तम मुगुट सोन्याचा तयार करविला. परंतु कांहीं

येत नाहीं. परंतु मागें जे प्रयोग करून पाहिले त्यांवरून आपणास असें समजलें आहे कीं, पाण्यामध्यें जर धोंडा बुडवून तोलला तर त्याच्या आकारमानाइतकें पाणी एकीकडे सरतें आणि त्या एकीकडे सरलेल्या पाण्याइतकेंच धोंड्याचें वजन कमी होतें. तर मग धोंड्याचें पाण्याबाहेरचें वजन व पाण्यांतलें वजन ह्यांचें जें अंतर तें त्याच्या आकाराइतक्याच पाण्याचें वजन दाखवील. ह्यावरून ह्या अंतरानें धोंड्याचें पाण्याबाहेरचें वजन भागिलें तर तो भागाकार पाण्याच्या कितीपट धोंडा दृढ आहे तें दाखवील. अशा रीतीनें पाण्याशीं ताडून पाहिलेलें जें पदार्थाचें दार्ढ्य त्यास **विशिष्टगुरुत्व** अशी संज्ञा आहे. सोन्याचें विशिष्टगुरुत्व १९। आहे. याचा अर्थ असा कीं, जितके आकारमानाचें सोनें असेल तितक्याच आकारमानाचें पाणी घेतलें तर त्या पाण्याच्या वजनाच्या १९। पट सोन्याचें वजन आहे. अथवा १९। तोळे सोनें पाण्यांत तोललें तर त्याचें वजन १ तोळा तुटून १८। तोळे भरतें.

पदार्थांचें विशिष्टगुरुत्व काढण्याची युक्ति सुमारें दोन हजार वर्षांपूर्वीं आर्किमेदीज या नांवाच्या **ग्रीसदेशांत** राहाणाऱ्या एका पंडितास सांपडली. ती गोष्ट अशीः—

५७. **आर्किमेदीज याची गोष्टः**—सुमारें दोन हजार वर्षांपूर्वीं हायरो नामक राजा **ग्रीसदेशांत** राज्य करीत होता, त्याच्या पदरीं आर्किमेदीज या नांवाचा एक विद्वान् होता. राजानें एका सोनाराकडून आपल्याकरितां एक उत्तम मुगुट सोन्याचा तयार करविला. परंतु कांहीं

कारणावरून राजास अशी शंका आली कीं, त्या सोनारानें मुगुटांत लबाडी करून, कांहीं रुपें घालून, सोनें काढून घेतलें असावें. आतां मुगुट मोडल्याशिवाय, आपल्या शंकेची निवृत्ति होते कशी, या फिकीरींत तो राजा होता. तों इतक्यांत त्यास आर्किमेदीज ह्या पंडिताची आठवण झाली, आणि त्यानें त्यास बलावून त्याच्या हवालीं मुगुट केला, आणि आपली शंका त्यास सांगितली. आर्किमेदीज मुगुट घेऊन घरीं आला, परंतु मुगुट मोडल्याशिवाय सोनाराची लबाडी बाहेर कशी काढावी याची युक्ति त्यास पुष्कळ दिवस सुचली नाहीं. एके दिवशीं तो पंडित स्नानाकरितां नग्न होऊन एका पाण्यानें भरलेल्या पिंपांत उतरला, तेव्हां त्याचें आंग पाण्यांत उपावतेंसें त्याला भासलें, व त्याचे आकाराइतकें पाणी बाजूस सरलेलें त्याला दिसलें. या दोहों गोष्टींकडे लक्ष पुरण्याबराबर त्याला सोनाराची लबाडी बाहेर काढण्याची युक्ति सुचली. दंतकथा अशी आहे कीं ही युक्ति सांपडली त्या वेळेस त्यास इतका हर्ष झाला कीं, त्याचें देहभानही गेलें, आणि "सांपडली", "सांपडली," ह्मणून ओरडत नागवाच बाहेर आला. पुढें शुद्धींत आल्यावर तो घरांत गेला, आणि त्यानें पुढील कृत्ति करून पाहिली. त्यानें शुद्ध सोनें घेऊन तें पाण्याच्या कितीपट जड आहे तें पाहिलें. तें सुमारें १९ पट भरलें, नंतर त्यानें अशी कल्पना केली, कीं राजाचा मुगुट जर शुद्ध सोन्याचा असेल, तर तोही त्याच्या आकृतीइतक्या पाण्याच्या वजनाच्या १९ पट जड असला पाहिजे. त्यानें त्याप्रमाणें करून पाहिलें, तों तो

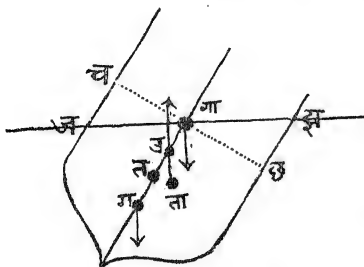
पाण्याच्या १९ पट जड भरला नाहीं, कमी भरला. तेव्हां तो सर्व शुद्ध सोन्याचा नाहीं, त्यांत रुप्यासारिखी हीण धातु आहे असें स्पष्टपणें दिसून आलें. ह्याप्रमाणें सोनाराची लबाडी बाहेर पडून, त्यास राजाकडून चांगली बक्षिशी मिळाली.

५८. **पोंहणें**.—वरच्या गोष्टींत आर्किमदीज याला भासल्याप्रमाणें कोणत्याही प्राण्याच्या वजनापेक्षां त्याच्या आकारा एवढ्या पाण्याचें वजन अधिक असतें, आणि तेवढ्याच तेलाचें वजन कमी असतें; ह्मणूनच प्राणी पाण्यांत तरतात, आणि तेलांत बुडतात. खारें पाणी हें क्षाराच्या मिसळीमुळें गोड्या पाण्यापेक्षां घणसर असतें, ह्मणून तें तर पोंहण्याला सोपें असलेंच पाहिजे. चतुष्पादांच्या मागच्या भागापेक्षां पुढचा भाग हलका असतो, ह्मणून चतुष्पाद पाण्यांत शिरलें ह्मणजे त्याचें तोंड सहजच पाण्यावर राहतें. ह्मणून त्याला स्वभावतःच पोंहतां येतें. पण मनुष्याच्या डोक्याकडचा भाग मागच्या भागापेक्षां जड असतो, ह्मणून मनुष्य पाण्यांत शिरलें कीं त्याचें नाक व तोंड हीं सहजच पाण्याच्या पृष्ठाशीं भिडतात यामुळें तो घाबरतो; आणि जणूकाय पाण्यावरचा आधार धरीत आहे, अशा रीतीनें तो आपले हात पाण्यावर काढितो. हात पाण्यावर आले कीं त्याच्या ऐवजीं डोकें पाण्यांत शिरतें ह्यामुळें त्याला पाणी प्यावें लागतें. मनुष्य पाणी प्यालें ह्मणजे तपेलीच्या नमुन्यानें जड होऊन तें तळाशीं जातें. पण मनुष्य जर पाण्यांत पडण्याबरोबर सावधपणानें आपले हात व पाय पाण्यांत राखून उताणें होईल, तर त्याचें तोंड श्वासोच्छ्वास करतां येण्याजोगें पाण्यावर राहून तें तरेल.

मनुष्यानें जर आपल्या छातीभोंवतीं कार्कच्या किंवा पांगाऱ्याच्या बिड्यांची माळ बांधिली, किंवा दुध्याभोंपळ्याच्या वर्तुलाकार तुकड्यांचा गजरा बांधिला, किंवा रबरी कापडाची वायु भरून फुगविलेली लांबट थैली बांधिली, तर त्याला मोठ्या अथाक पाण्यांतून देखील पोंहून पार जातां येतें. ह्मणून असल्या तरतुदी आगबोटी वगैरेवर राहणारे लोक हाताशीं राखीत असतात.

५९. **तारवांचीं समतोलनें.**—तारवाच्या तारक शक्तीचा उन्मध्य तारवाच्या गुरुत्वमध्याच्या वर, खालीं, किंवा मध्यें, येतो; तसें तारवाचें समतोलन स्थैय, नश्वर, किंवा विरक्त (अभेद) असतें.

उदाहरणार्थ—बाजूस दिलेला तारवाचा छेद पहा. हें तारूं भें असतें, तेव्हां तारकप्रवाहीचा (**चछ** पृष्ठाखालच्या बाजूस सरलेल्या पाण्याचा) गुरुत्वमध्य **न** स्थलीं येत असल्यामुळें भोंवतालचें पाणी त्याला



आकृति ५० वी.

तगा या ओळंब्याच्या रेषेनें वर उचलितें, आणि ह्या तारवांत जड किंवा हलका माल भरला असेल तसा तारवाचा गुरुत्वमध्य **ग** पासून **गा** पावेतों येऊन त्यांतलें वजन त्याला **गातग** रेषेनेंच खालीं दाबितें, ह्मणून **गातग** रेषा उभीच असली पाहिजे. ह्या **गातग** रेषेला **स्थित्यक्ष** ह्मणा. तसेंच हें तारूं चालत असतें, तेव्हां त्यावरील ओझा-

रांच्या वजनानें किंवा वायूच्या दाबानें हें तारूं बाजूस कलल्यामुळें **जझ** पृष्ठाखालच्या तारक प्रवाहीचा गुरुत्व-मध्य **ता** स्थळीं आला, आणि त्यांतील ओळंब्याच्या रेषेनें **गातग**ला **उ** स्थळीं छेदिलें. असें कल्पा. या **उ** छेदन-बिंदूला तारवाचा **उन्मध्य** ह्मणावें.

एथें तारवांतील माल जड असल्यामुळें त्याचा गुरुत्व-मध्य **ग** स्थळीं आला, तर **गातग** स्थित्यक्षाला तारवाची तारक शक्ति **उ** स्थळीं वर उचलील, आणि तारवाचें वजन **ग** स्थळीं खालीं दाबील. ह्या रीतीनें तारवाची नष्ट झालेली समतोलनाची स्थिति त्याला पुनः पुन्हा प्राप्त होऊन चिर-काळ टिकेल; हें उघड आहे. ह्मणून गुरुत्वमध्यावर उन्म-ध्य आणणारें समतोलन हें **स्थैर्य** असेल.

परंतु तारवांतील माल हलका असल्यामुळें त्याचा गुरुत्व-मध्य **गा** स्थळीं येत असला, तर **गातग** स्थित्यक्षाला तार-वाची तारक शक्ति **उ** स्थळीं वर उचलील, आणि तारवाचें वजन **गा** स्थळीं खालीं दाबील. ह्या रीतीनें तारवाची मूळची समतोलनाची स्थिति अधिकाधिक नष्ट होत जाईल हें उघड आहे. ह्मणून गुरुत्वमध्याखालीं उन्मध्य आणणारें समतोलन हें **नश्वर** असेल.

तसेंच तारवांतील माल दोन्ही प्रकारचा असल्यामुळें त्याचा गुरुत्वमध्य **उ** स्थळींच आला, तर **गातग** स्थित्यक्षाला तारवाची तारक शक्ति आणि वजन ह्या विरुद्ध प्रेरणा एकाच **उ** बिंदूस्थळीं लागू होतील. या प्रेरणासंबंधांत तारवाची मूळची समतोलनाची स्थिति प्राप्त करून घेण्याची आसक्ति नाहीं, ह्मणून गुरुत्वमध्यांतच उन्मध्य आणणारें समतोलन हें **विरक्त** होय. विरक्त समतोलन हें नश्वर समतोलनाप्रमाणें

तिर्कस करणारें नसतें, तरी तें स्थैय समतोलनाप्रमाणें तारवाला उजू करणारें नसतें; हा त्यांत दोष असतो. ह्मणजे समुद्राची लाट, औजाराचा भार, वायूचा जोर, असल्या बाह्य प्रेरणेनें तारूं अधिक तिर्कस होऊं लागलें, तर त्या विरुद्ध लावण्याला तें उजू करण्याचा जोर त्यामध्यें नसतो, ह्मणून हें तारूं अधिक तिर्कस होऊन त्यांत पाणी शिरण्याचें भय उत्पन्न होतें. सारांश, तारवाला नश्वर व विरक्त हीं दोन्ही समतोलनें अपायकारक होतात, ह्मणून तारवांतील माल हलका असला, तर त्याच्या बुडाशीं लोखंड, दगड, असलें जड पदार्थ भरून उन्मध्याखालीं गुरुत्वमध्य आणून तारवाचें समतोलन स्थैय करावें लागतें.

६०. **विशिष्टगुरुत्व किंवा संबंधी दृढता.**—६०° उष्णतेचें वाफेचें पाणी आणि पदार्थ हीं एकाच आकारमानाचीं घेऊन तोललीं, आणि त्या विशेष पाण्याचें वजन १ मान ह्मटलें, तर त्या एकंनें जी पदार्थाच्या वजनाची मोजदात येते तिला त्या पदार्थाचें **विशिष्टगुरुत्व किंवा संबंधी दृढता** ह्मणतात.

उदाहरणार्थ—वर कलम ९६ मध्यें सांगितल्याप्रमाणें शिशीभर पाण्याच्या वजनानें शिशीभर पाऱ्याच्या वजनास भागिलें तर भागाकार १३·५८ येतो, त्याला पाऱ्याचें वि. गु. (विशिष्टगुरुत्व) ह्मणतात, किंवा सं. दृ. (संबंधी दृढता) ह्मणतात. पदार्थांचीं वजनें हीं त्यांतील द्रव्याच्या सम प्रमाणांत असतात, ह्यांवरून शिशीच्या पोकळींत पाण्याचें द्रव्य जितकें राहतें, त्याच्या १३·५८ पट पाऱ्याचें द्रव्य राहत असलें पाहिजे. अर्थात पाण्याचें द्रव्य जितकें दृढ आहे त्याच्या १३·५८

पटपाऱ्याचें द्रव्य दृढ असलें पाहिजे. ह्याप्रमाणें पदार्थाचें वि. गु. (विशेष पदार्थाच्या संबंधाचें वजन) हें त्याची संबंधी दृढता ही (विशेष पदार्थाच्या संबंधाची दृढताही) दाखवीत असतें. येथें शिशीभर पाण्याच्या वजनानें त्यालाच भागिलें, तर भागाकार १ येतो ह्यावरून पाण्याचें वि. गु. आणि सं. दृ. हीं १ ह्मटलीं जातात. आतां वरील लक्षणाप्रमाणें असें येतें की,

$$\text{पदार्थाचें वि. गु.} = \frac{\text{पदार्थाचें वजन}}{\text{पदार्थाच्या आकाराच्या पाण्याचें वजन}}$$

ह्यावरून पदार्थाच्या आकाराच्या पाण्याचें वजन : पदार्थाचें वजन, ह्या गुणोत्तराला पदार्थाचें वि. गु. ह्मणतात वरील पद्धतीनें असें येतें कीं,

पदार्थाचें वजन = पदार्थाचें वि.गु. × प.आ.पा.व. १ घनइंच वाफेच्या पाण्याचें वजन २५२·५ ग्रेन असतें. आणि १ ग्रेन = $\frac{१}{४३७·५}$ औंस असतो ह्यावरून १ घनइंच पाऱ्याचें वजन = $\frac{१३·५८ \times २५२·५}{४३७·५}$ औंस = ७·८४ औंस सुमारें येतें.

ह्याप्रमाणें पदार्थाचें विशिष्टगुरुत्व व घनफळ ह्यावरून त्याचें वजन किंवा द्रव्य मोजितां येतें. खनिजशास्त्रांत खनिजांचीं विशिष्टगुरुत्वें हीं विचारणीय होत असतात. रत्नांच्या व मूल्यवान धातूंच्या परीक्षेंतही विशिष्टगुरुत्वांचा उपयोग होतो.

शिशीच्या योजनेंत प्रवाही पदार्थ, व दृढ पदार्थांच्या भुकऱ्या, ह्यांचींच विशिष्टगुरुत्वें शोधितां येतात पण **आर्किमेदीज** याच्या नियमाच्या योजनेनें दृढ व प्रवाही ह्या

दोन्ही पदार्थांचीं विशिष्टगुरुत्वें शोधितां येतात. जशीं.—

जड पदार्थाचें वि·गु.—जड पदार्थांचें पाण्याबाहेरचें वजन **ज** ह्मटलें आणि त्याचें ६०° अंश उष्णतेच्या वाफेच्या पाण्यांतलें वजन **जा** ह्मटलें, तर **आर्किमेदीजच्या** नियमाप्रमाणें जड पदार्थाच्या आकाराच्या ह्या पाण्याचें वजन **ज**–**जा** होईल. ह्मणून असें येतें कीं

$$\text{जड पदार्थाचें वि. गु.} = \frac{\text{ज}}{\text{ज}-\text{जा}}$$

उदाहरणार्थ एक लोखंडाचा तुकडा ताजव्याचे पारड्यांत घालून तोलला तेव्हां ५८५ ग्रेन भरला, आणि ताजव्याचे पारड्याला टांगून ६०° अंश उष्णतेचे वाफेचे पाण्यांत बुडवून तोलला तेव्हां ५१० ग्रेन भरला. ह्यावरून लोखंडाचें वि·गु. काय?

$$\text{लोखंडाचें वि. गु.} = \frac{\text{५८५ग्रे.}}{\text{५८५ग्रे.}-\text{५१०ग्रे.}} = \frac{\text{५८५}}{\text{७५}} = \text{७·८.}$$

हलक्या पदार्थाचें वि.गु.—हलका पदार्थ ज्या जड पदार्थाला बांधिला असतां ती सांगड पाण्यांत बुडेल त्या दोहोंचीं पाण्याबाहेरचीं वजनें ह आणि ज ह्मणा. तसेंच जड पदार्थ व सांगड ह्यांचीं ६०° उष्णतेच्या वाफेच्या पाण्यांतलीं वजनें **जा** आणि **सा** ह्मणा. आतां–

सांगडीच्या	आकाराच्या	पाण्याचें वजन	= ह + **ज** — **सा**
जडाच्या	,,	,,	= **ज** – **जा**
∴ हलक्याच्या	,,	,,	= ह + **जा** – **सा**

$$\therefore \text{हलक्याचें } \textbf{वि.गु.} = \frac{\text{ह}}{\text{ह}+\text{जा}-\text{सा}}$$

उदा. कार्काचा (बुचाचा) तुकडा २० ग्रेन वजनाचा आहे. हा पाण्यांत बुडण्यासाठीं ज्या पितळेच्या तुकड्याला

बांधिला आहे तो तुकडा व सांगड ह्यांचीं पाण्यांतलीं वजनें अनुक्रमें ८७·२२ ग्रेन आणि २३·८९ ग्रेन आहेत, तर कार्कांचें विशिष्टगुरुत्व काय येतें? येथें—

$$\text{कार्कांचें वि.गु.} = \frac{\text{२० ग्रे.}}{\text{२० ग्रे.} + \text{८७·२२ग्रे.} - \text{२३·८९ग्रे.}} = \text{·२४.}$$

प्रवाहीचें वि·गु·–इष्ट प्रवाहींत व पाण्यांत बुडणाऱ्या जड पदार्थाचें बाहेरचें वजन **ज**, प्रवाहींतलें वजन **ज्र**, आणि पाण्यांतलें वजन **जा** ह्मटलें, तर जड पदार्थाच्या आकाराच्या प्रवाहीचें वजन **ज–ज्र** दाखवील आणि तेवढ्याच पाण्याचें वजन **ज–जा** दाखवील. ह्मणून,

$$\text{प्रवाहीचें वि·गु·} = \frac{\text{ज}-\text{ज्र}}{\text{ज}-\text{जा}}.$$

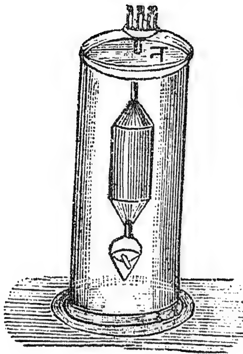
उदा. —प्लातिनम्‌चा गोळा हवेंत तोलला तेव्हां त्याचें वजन ५१० ग्रेन भरलें. आल्कोहोलमध्यें बुडवून तोलला तेव्हां त्याचें वजन ४८९ ग्रेन भरलें, आणि वाफेच्या पाण्यांत बुडवून तोलला तेव्हां त्याचें वजन ४८६ ग्रेन भरलें, तर अल्कोहोलचें विशिष्टगुरुत्व काय?

येथें गोळ्याच्या आकाराच्या अल्कोहोलचें वजन ५१० ग्रे.–४८९ ग्रे.=२१ ग्रे. येतें, आणि तेवढ्याच पाण्याचें वजन =५१० ग्रे.–४८६ ग्रे.=२४ ग्रेन येतें.

$$\therefore \text{अल्कोहोलचें वि·गु·} = \frac{\text{२१ ग्रे·}}{\text{२४ ग्रे·}} = \text{·८७५.}$$

निकलसनचा हैड्रामेतर (उदकीयमापक).–ह्याचें स्वरूप खालीं बाजूस दाखविल्याप्रमाणें असतें. ह्मणजे एका पितळी नळाच्या दोहों शेवटांशीं दोन शंकु जोडलेले असून, त्यांचे शेवटांशीं दोन जाड तारांचे दांडे उभे जोडलेले असतात. ह्यांतील एक दांडा खालचा समजून

त्याचे खालीं लहानसें फुलपात्र जोडलेलें असतें, व त्यांत शिसें ओतलेलें असतें. ह्यामुळें हा हैद्रामेतर पाण्यांत सोडला असतां त्याच्या उन्मध्याखालीं त्याचा गुरुत्वमध्य येऊन तो त्यांत उभाच तरतो, तिर्कस होत नाहीं. ह्याच्या वरच्या दांड्याच्या माथीं एक तबकडी जोडलेली असते.



आकृति २१ वी.

हा हैद्रामेतर एका उभ्या ग्लासांत ६०° उष्णतेचें वाफेचें पाणी घालून त्यांत सोडतात. ह्याच्या तबकडीवर जें वजन ठेविलें असतां हा तबकडीच्या दांड्यांतल्या **न** खुणेपावेतोंच पाण्यांत बुडतो त्या वजनास हैद्रामेतरचा **नियमित भार** ह्मणतात. ह्या तबकडीवर इष्ट पदार्थ ठेवून त्याच्या भरतीला किती ग्रेन घातले असतां हैद्रामेतर **न** खुणेपावेतोंच बुडतो तें पाहतात. ह्मणजे नियतभार **न** − भरतीचा भार **भ** = इष्टपदार्थाचें पाण्याबाहेरचें वजन येतें. उपरांत इष्टपदार्थ जड किंवा हलका असेल त्याप्रमाणें तो हैद्रामेतराखालच्या फुलपात्रांत नुसता ठेवितात, किंवा रेशमी धाग्यानें बांधून ठेवितात. ह्या स्थितींत इष्टपदार्थ त्याच्या आकाराइतक्या पाण्याच्या वजनानें वर उचलिला जातो, ह्मणून तबकडीवरचा भरतीचा भार किती वाढविला असतां हैद्रामेतर **न** खुणपावेतों बुडतो तें पाहतात. एथें पाण्यांतील पदा-

र्थाच्या भरतीचा भार **भा**–तबकडीवरच्या पदार्थाच्या भरतीचा भार **भ** = इष्टपदार्थाच्या आकाराच्या पाण्याचा भार येतो. ह्यावरून

$$\text{इष्टपदार्थाचें वि.गु.} = \frac{\text{न} - \text{भ}}{\text{भा} - \text{भ}}$$

उदाहरणः—हैड्रामेतराचा नियतभार १२५ ग्रेन असून हैड्रामेतर **न** खुणेपावेतों बुडण्याला तबकडीवर गंधकाचा तुकडा ठेवितां भरतीचा भार ५५ ग्रेन येतो. आणि, तो तुकडा पाण्यांतल्या फुलपात्रांत ठेवितां त्याच्या भरतीला ८९.४ ग्रेन तबकडीवर लागतात, तर गंधकाचें वि.गु. काय ? येथें वरील पद्धतीप्रमाणें.

$$\text{गंधकाचें वि.गु.} = \frac{१२५ \text{ ग्रे.} - ५५ \text{ ग्रे.}}{८९.४ \text{ ग्रे.} - ५५ \text{ ग्रे.}} = \frac{७० \text{ ग्रे.}}{३४.४ \text{ ग्रे.}} = २.०३.$$

फारेनहैतचा हैड्रामेतर.–हा निकलसनच्याच हैड्रामेतराप्रमाणेंच पण कांचेचा केलेला असून, ह्याला खालच्या फुलपात्राचे जागीं पारा भरलेला कांचेचा गोळा असतो. ह्या हैड्रामेतराचा भार ह, आणि हा न खुणेपावेतों पाण्यांत बुडण्याला तबकडीवर लागणारा नियमित भार **न**, ह्यांच्याच बेरजेइतका **न** खुणेपावेतों हैड्रामेतराइतक्या पाण्याचा भार असतो. ह्मणून ह्या यंत्रानें प्रवाहींचीं वि. गुरुत्वें काढितां येतात.

उदा०—फारेन हैतच्या हैड्रामेतराचा भार (ह) ६१८ ग्रेन आहे. याचा नियत भार (न) ९३ ग्रेन आहे (ह्मणजे हा न खुणेपावेतों पाण्यांत बुडण्यासाठीं तबकडीवर ९३ ग्रेन लावावे लागतात). हा हैड्रामेतर पुसून कोरडा करून आलिव्हच्या तेलांत सोडला तेव्हां तो न खुणेपावेतों

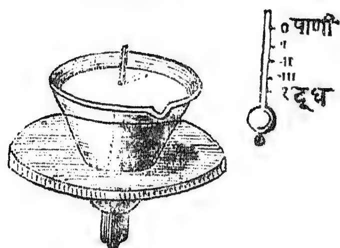
बुडण्यासाठीं तबकडीवर ३१ ग्रेन भरतीचा भार (भ) लागला, तर आलिव्हच्या तेलाचें वि. गु. काय?

येथें न खुणेपावेतों हैद्रामेतरच्या आकाराएवढ्या पाण्याचा भार = ६१८ ग्रेन + ९३ ग्रेन = ७११ ग्रेन आहेत, आणि तेवढ्याच आलिव्हच्या तेलाचा भार = ६१८ ग्रेन + ३१ ग्रन = ६४९ ग्रेन आहेत. ह्मणून–

$$\text{आलिव्हच्या तेलाचें वि. गु.} = \frac{\text{ह} + \text{न}}{\text{ह} + \text{भ}} = \frac{\text{६४९ ग्रन}}{\text{७११ ग्रेन}} = \text{·९१.}$$

वरील दोन हैद्रामेतरांचे प्रवाहींतले आकार नियमित असून भार अनियमित असतात. पण कितीएक हैद्रामेतरांचे भार नियमित असून त्यांचे प्रवाहींतले आकार अनियमित असतात. ते असे.—

दुग्धपरीक्षक–हा फारेनहैतच्या हैद्रामेतराप्रमाणें कांचेचा असून ह्यावर तबकडी नसते. हा परीक्षक स्वतांच्या भारानें शुद्ध पाण्यांत जेथपावतों बुडतो तेथें (पोकळ दांड्याच्या आंतून चिकटाविलेल्या कागदावर) खूण करून शून्य मांडतात. नंतर १ भाग दूध व ३ भाग पाणी ह्यांच्या मिश्रणांत जेथपावतों बुडतो तेथें ·२५ किंवा ·।· मांडतात. २ भाग दूध व २ भाग पाणी ह्या मिश्रणांत जितका बुडतो तेथें ·५० किंवा ·॥· मांडितात. ह्याप्रमाणें शुद्ध दुधांत जितका बुडतो तेथें १·०० मांडतात.



आकृति २३ वी.

अर्थात ज्या मिश्रणांत हें यंत्र '७९ च्या अंकापावेतों बुडतें त्यांत ७९ शतांश किंवा ·।।।· शुद्ध दूध आहे असें समजतात. परंतु शुद्ध दुधांत घट्ट व पातळ हे प्रकार स्वाभाविक असतात, ह्मणून ह्या यंत्राच्या परीक्षेवर सर्वांशीं भरंवसा ठेववत नाहीं.

अल्कोहोलोमेतर.—ह्मणजे ब्रांडीचा परीक्षक हा वरच्याच रीतीनें पण दशांशापावेतों बारकाव्यानें तयार करितात. ह्मणजे शुद्ध पाण्यांत जितका बुडतो तेथें शून्य मांडून, '९ पाणी व '१ अल्कोहोल, '८ पाणी व '२ अल्कोहोल, अशा मिश्रणांत जितकाला बुडतो तेथें '१० '२० ३० अंक मांडितात. शुद्ध अल्कोहोलांत जितका बुडतो तेथें १'०० मांडतात. ह्यांच्या मधले भाग सारखेच नसतात तरी ते सुमारानें पुरे करितात. वरील पदार्थ व त्यांचीं मिश्रणें ज्या उष्णतेचीं घेतलेलीं असतात त्या उष्णतेंत मात्र ह्यांची परीक्षा खरी असते. उष्णता वाढल्यानें ब्रांडी पातळ होऊन तींत हें यंत्र वाजवीहून अधिक बुडतें. ही अडचण काढण्यासाठीं **गेल्यूझाक** ह्यानें गणिताचे आधारें एक कोष्टक तयार केलें आहे. त्यांत नियमित उष्णतेला यंत्रावरचा अंक आणि ब्रांडीची उष्णता ह्यांच्या समोरचा अंक पाहिला ह्मणजे त्यांतील उत्तर अल्कोहोलाचें मान दाखवितें.

६१. **केशाकर्षणशक्ति.**—पातळ पदार्थांच्या संबंधानें एक गोष्ट सांगावयाची राहिली, ती कोणती ह्मणाल तर, केशाकर्षणशक्ति. मागें प्र० १८ वा, आ० १७ वी, येथें दाखविलें आहे कीं, पातळ पदार्थांचा पृष्ठभाग समपातळींत रहावयाचा ह्मणून तेथल्या प्रत्येक नळींत एकसारख्या उंचीपावेतोंच पाणी चढतें. पण तेंच एकाद्या नळीचें

छिद्र जर सुईसारखें बारीक राखलें, तर त्या छिद्रावाटे, इतर नळ्यांचे समपातळीवरतीं, बऱ्याच उंचीपावेतों पाणी चढतें. केशाकर्षणशक्ति, ही अशा रीतीनें समपातळीचे नियमाला बाधक होते. प्रत्यंतरार्थ पुढील प्रयोग करून पहा.

प्रयोग २४ वा.—एका वाळलेल्या धोतराची घडी करून ती पाण्यावरतीं पाण्याला लागून धरावी, ह्मणजे केशाकर्षणाच्या योगानें, त्या धोतरांत पाणी वर चढून येऊन त्यास भिजवितें. अर्थात् या केशाकर्षणाचे योगानें पाणी आपली समपातळी सोडून, तें धोतरांत, वर येऊन चढून बसतें. तेंच धोतर जर पूर्वी तेलांत भिजलेलें असतें, तर त्याच्यांतून पाणी वर आलें नसतें. पाण्यानें इतर पदार्थ भिजतात, पण तेलकट पदार्थांवर पाणी येत नाहीं.

पाऱ्यांत लोखंड टाकिलें तर तें पाऱ्यानें भिजत नाहीं ह्मणजे लोखंडास पारा चिकटत नाहीं. परंतु त्याच पाऱ्यांत तुह्मी आपली सोन्याची आंगठी बुडवाल, तर ती सर्व पांढरी होऊन जाईल. तात्पर्य, सोन्याला पारा भिजवितो.

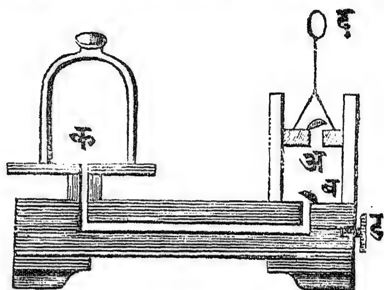
या प्रयोगावरून कोणती गोष्ट तुमच्या लक्षांत आली? ही कीं, केशार्षणानें पाणी आपल्या समपातळीच्या वर चढूं शकतें. दिव्यांत तेल असतें तें वातीवाटे वर चढून दिव्यास पोंचतें, ही गोष्ट केशाकर्षणानें होते.

वायुरूपी पदार्थांचे धर्म.

६२. वायूच्या कणांतील प्रतिसारकत्व.— आह्मीं मागें सांगितलें कीं सर्व प्रकारच्या वायुरूपी पदार्थांच्या कणांमध्यें एकमेकांस दूर लोटण्याचें सामर्थ्य असतें,

त्यामुळें त्या पदार्थांचे कण घट्ट किंवा पातळ पदार्थांसारखे, जमून राहत नाहींत. उलटें जितकी जागा सांपडेल तितके पसरतात. ह्मणून ह्यांना दृढ पदार्थांप्रमाणें नियमित आकार नसतो व जलरूपी पदार्थांप्रमाणें नियमित घनफलही नसतें.

६३. **वाताकर्षक यंत्र.**—या यंत्राच्या योगानें पात्रांतून पाहिजे तितका वायु बाहेर काढतां येतो. एका धातूच्या नळकांड्यांत वर खालीं जाणारा दट्ट्या असतो (आकृति २३ पहा). त्या दट्ट्यांत **अ** ठिकाणीं वर उघडणारी झडप असते. त्याचप्रमाणें नळकांड्याच्या तळाशीं वर उघडणारी दुसरी झडप **ब** ठिकाणीं असते. **क** ठिकाणीं एक तबकडी असते. तिच्यावर **गच्च** बसे असा एक कांचेचा ग्राहक असतो. या तबकडीपासून दट्ट्याचे नळीचे तळापर्यंत एका बारीक नळीनें **संबंध केला असतो.** यास **वाताकर्ष**क यंत्र ह्मणतात.



आकृति २३ वी.

आपणास **क** ठिकाणच्या तबकडीवर जो कांचेचा ग्राहक ठेविलेला आहे, त्यांतला वारा काढून टाकण्याचा आहे असें ह्मणा. पहिल्यानें मी दट्ट्यास खालीं सारतों तो खालीं येतांना त्याच्याखालीं हवा असते ती दबत चालते. या दबण्यानें तिचा फुगण्याचा जोर तीवरील

वातस्तंभाच्या भारापेक्षां अधिक झाला ह्मणजे ती ब झडपेस बंद करून व दट्ट्यांतल्या अ झडपेस उघडून बाहेर पडते. आतां दट्ट्यास मी वर सारूं लागतों. दट्ट्या वर येऊं लागला, ह्मणजे अ ठिकाणची झडप वरील हवेच्या दाबानें बंद होते, ह्यामुळें क ग्राहक व त्याखालचा नळ ह्यांतील हवेच्या फुगण्याच्या जोरानें ब झडप उघडून ती हवा अब स्थळीं येऊं लागते.

खालची हवा वर जाऊं लागली, ह्मणजे तिला ती झडप उघडून बाहेर जातां येतें, परंतु बाहेरची हवा आंत येऊं लागली तर, ती झडप तिच्याच दाबानें बंद होऊन, तिला आंत येतां येत नाहीं. असो, दट्ट्या वर गेल्यामुळें दट्ट्याखालची जागा रिकामी पडते. असें झालें ह्मणजे क पात्रांतली हवा तेथून अ पावेतों एकसारखी पसरण्याकरितां खालच्या लहान नळीवाटे ब जवळ येऊन तेथील झडप उघडून वरील रिकामे जागेंत शिरते, यामुळें क ठिकाणचे पात्रांतील हवा कांहींशी पातळ होते. दट्ट्या फिरून खालीं नेला ह्मणजे, पहिल्याप्रमाणें खालीं आलेली हवा, अ ठिकाणची झडप उघडून बाहेर पडते, आणि दट्ट्या वर गेला ह्मणजे, क ठिकाणच्या पात्रांतील हवा, ब झडप उघडून, दट्ट्याखालच्या रिकामे जागेंत येते. याप्रमाणें दट्ट्याचे प्रत्येक खालीं वर जाण्यानें क पात्रांतील हवा अधिकाधिक पातळ होत जाते. क पात्रांतील हवा पहिले वेळीं $\frac{1}{3}$ बाहेर जाऊन $\frac{2}{3}$ राहिली तरी शिलक राहते ती फिरून सर्व पात्रभर पसरते. यामुळें नळकांड्यांतला दट्ट्या १९ वेळ खालीं वर केला, तथापि क ठिकाणच्या पात्रांतील हवा साफ निघून जात नाहीं.

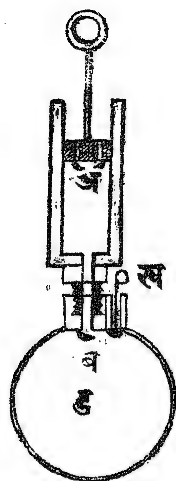
इतकेंच कीं जी शेष राहते ती $\left(\frac{२}{३}\right)^{१५}$ इतकी फारच थोडी राहते, ह्मणून या रीतीनें ग्राहक पात्र बहुतकरून रिकामें होतें असें ह्मणण्यास चिंता नाहीं.

वरील यंत्राचे क छिद्रामध्यें मळसूत्राचे आटे असतात. कारण एकादे प्रयोगांत पात्र क ठिकाणच्या तबकडीवर ठेवण्याचें नसतें. तर ज्यांतून वारा काढावयाचा त्या पात्रांतून एक तोटी बाहेर काढलेली असते, व तींत एक बंद करणारी फिरकी असते. ही तोटी क छिद्राचे मळसूत्री आर्‍यांत बसवितां येते. वाताकर्षक यंत्रानें पात्रांतला वायु काढून टाकिला ह्मणजे फिरकी फिरवून नळींतली वाट बंद करितां येते. तदनंतर तें पात्र तोटीसुद्धां मळसूत्र उलटें फिरवून, क ठिकाणापासून सोडवून घेतलें तरी बाहेरच्या वायूला पात्रांत शिरतां येत नाहीं.

क ठिकाणच्या तबकडीवर ठेवण्याचीं जीं रुंद तोंडांचीं पात्रें असतात, त्यांच्या कडणी घांसून तबकडीवर जुस्त बसत अशा केल्या असतात. वायु फारच हलका पडला, यामुळें त्यास आंत जाण्यास बारीक फट असली तरी पुरते; ह्मणून तबकडीवर पात्रें जरी जुस्त रीतीनें बसणारीं असलीं तरी त्यांच्या कडणींवर तुपाचा किंवा चर्बीचा हात द्यावा लागतो. या हातानें फटी वगैरे बुजून वार्‍यास आंत जावयास वाट मिळत नाहीं.

६४. **वातपूरक यंत्र.**—पात्रांत वायु असतो त्यापेक्षां कधीं कधीं अधिक भरण्याची गरज पडते. ह्या यंत्राला वाताकर्षकाप्रमाणें दट्ट्याचे नळकांड्याची गरज लागते. मात्र वाताकर्षक यंत्रांत झडपा वर उघडणार्‍या असतात,

व वातपूरक यंत्रांत त्या खालीं उघणाऱ्या असतात. हें यंत्र पुढील आकृतींत दाखविलें आहे.



आकृति २४.

ह्याच्या दट्ट्याला अ ठिकाणीं खालीं उघडणारी झडप आहे. ज्या पात्रांत वायु अधिक भरण्याचा तें पात्र ड ठिकाणीं दाखविलें आहे. या पात्राच्या तोंडाशीं ब ठिकाणीं खालीं उघडणारी झडप आहे. ख ठिकाणीं एक खीळ आहे, तिला खालीं दाबलें ह्मणजे ब झडप उघडी होते आणि आंतील दबलेल्या वायूला बाहेर पडतां येतें. या आकृतीवरून तुमच्या लक्षांत येईल कीं, दट्ट्या खालीं सारला ह्मणजे दर वेळेस नळकांड्यांतला वायु ब दार उघडून ड भांड्यांत शिरतो. ड भांड्यांत जो वायु शिरतो त्यास बाहेर पडतां येत नाहीं, कारण, त्याच्याच दाबानें ब येथील झडप बंद होते. ज्या वेळेस ख ठिकाणची खीळ खालीं दाबावी त्या वेळेस मात्र ब दार उघडून, आंत कोंडलेल्या वाऱ्यास बाहेर पडतां येतें. ड पात्रापासून वरील दट्ट्याच्या नळकांड्यास, मळसूत्र उलट फिरवून वेगळें करितां येतें.

६९. **वायूचें वजन.**—वाताकर्षक आणि वातपूरक या दोन यंत्रांचें वर्णन केलें त्यावरून तुमच्या लक्षांत येईल कीं पहिले यंत्रानें पात्रांतील वायु काढतां येतो, आणि दुसऱ्या यंत्रानें पात्रांत पाहिजे तेवढा वायु घालतां येतो.

पुढील प्रयोग करून तुह्मी पाहिला तर वायूला वजन आहे असें स्पष्ट होईल.

प्रयोग २५ वा.—एक १०० घनइंच कोठीचा व स्तापकाक जडलेल्या मळसूत्री तोंडीचा पोकळ गोल घ्यावा, आणि त्याचें तोंड उघडें ठेवून त्याचें वजन करावें. नंतर वाताकर्षक यंत्रानें त्यांतील वायु काढून टाकावा, आणि फिरकीनें तोंड बंद करून त्याचें पुनः वजन करावें, ह्मणजे दुसरें वजन पहिल्या वजनापेक्षां ३१ ग्रेन कमी येतें. ह्मणजे एका वातावरणाच्या दाबाखालच्या १०० घनइंच सामान्य किंवा रूक्ष वायूचें वजन ३१ ग्रेन येतें. हें १०० घनइंच नियमित पाण्याच्या वजनाच्या $\frac{१}{७७३}$ आहे. यावरून ह्या सामान्य वायूचें विशिष्टगुरुत्व .००१२९२ येतें.

प्रयोग २६ वा.—पात्राचें तोंड उघडें ठेवून त्याचें वजन करावें, नंतर वातपूरक यंत्रानें त्यांत पुष्कळ वायु भरावा आणि त्या पात्राचें फिरून वजन करावें, ह्मणजे पात्राचें वजन वाढलेलें तुमच्या नजरेस येईल. यावरूनही सिद्ध होतें कीं पात्रांत अधिक वायु भरल्यानें पात्राचें वजन वाढतें तर वायूला वजन असलें पाहिजे.

६६. **इतर वायुरूपी पदार्थांचें वजन.**—जो वायु आपल्या सभोंवतीं आसमंतात् भागीं भरला आहे तो वातावरणाचा वायु मुख्यत्वेंकरून दोन वायूंच्या मिश्रणानें झाला आहे. त्या वायूंचीं नांवें **नैत्रोजन** आणि **आक्सिजन** अशीं आहेत. आपण जें पाणी पितों तें पाणीही दोन वायूंच्या मिश्रणानें झालें आहे. त्यांचीं नांवें **हैड्रोजन** आणि **आक्सिजन** अशीं आहेत. जुन्या पेवांतून किंवा कोळसा

जळण्यापासून जो वायु उत्पन्न होतो त्याचें नांव **क्यार्बानिक आसिड** असें आहे. तुह्मी रसायन शास्त्र शिकाल तेव्हां तुह्मांस पुष्कळ प्रकारच्या वायूंची माहिती होईल. या वायूंना मराठींत नांवें नाहींत, यासाठीं त्यांचीं इंग्रजी नांवेंच राखिलीं आहेत. सर्व वायुरूपी पदार्थांस वजन आहे. वातावरणापेक्षां हैद्रोजन फार हलका आहे, नैत्रोजन थोडा हलका आहे, आक्सिजन थोडा जड आहे आणि क्यार्बानिक आसिड फार ज़ड आहे.

सर्व प्रकारच्या वायुरूपी पदार्थांत प्रतिसारण शक्ति वसते, यामुळें त्यांचे कण एकमेकांस दूर लोटीत असतात, आणि त्यांस कोणत्याही भांड्यांत घातलें तरी ते तें सर्व भांडें व्यापून टाकितात. असें जरी आहे तरी त्या सर्वांवर पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाचा अंमल आहे, त्याच्या योगानें सर्व प्रकारच्या वायूंस वजन आलें आहे; ह्मणून हे वायुरूपी पदार्थ आपणास सोडून पळून जातील ही भीति बाळगण्याचें कारण नाहीं. ज्याप्रमाणें समुद्रांत मासे वगैरेंचें वास्तव्य आहे, त्याचप्रमाणें या वातावरणसागरांत आपलें वास्तव्य आहे.

६७. **वातावरणाचा दाब.**—वातावरणास वजन आहे, तेव्हां त्याचा दाब त्याच्या खालच्या पदार्थांवर पडलाच पाहिजे. दृढ पदार्थांत स्नेहाकर्षण फार असल्यामुळें त्यांचा भार किंवा दाब खालच्या पदार्थांवर मात्र पडतो, बाजूस पडत नाहीं. परंतु प्रवाहीचे कण अतिसूक्ष्म व सुळसुळीत असतात, यामुळें त्यांना वाव मिळेल तिकडे सरकतां येतें. **अर्थात्** हवा तो कण हव्या त्या बाजूचे कणाला पाहिजे

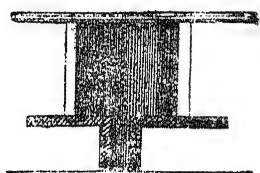
तिकडे लोटूं शकतो. तर मग ते त्यांच्यावरील भाराप्रमाणें चोंहींकडे दाबूं लागतील यांत नवल कोणतें. वायुरूपी पदार्थांचे कणांत तर प्रतिसारकत्वही असतें, पुनः वायु हे **संकोच्य प्रवाही** असतात, ह्मणजे ते दाबावे तितके दबणारे असतात. ह्यामुळें वायुरूपी पदार्थांवर जितका दाब घालावा तितके ते दबतात इतकेंच नाहीं, तर तितक्या दाबानें ते त्यांमधल्या व भोंवतालच्या सर्व पदार्थांस दाबूं लागतात. पृथ्वीवर जें वातावरण आहे त्याचे खालचे खालचे थर फार दबलेले व त्यांतल्या पदार्थांस फार दाबणारे असतात. जसजसें वर जावें तसतसा वरील वायूचा भार कमी झाल्यामुळें ते थर विरळ होतात, व ह्यामुळेंच ते त्यांतल्या पदार्थांसही कमी दाबणारे असतात.

प्रयोग २७.—ही एक बिन सांध्याची, पातळ चामड्याची थैली आहे. हींत थोडा वायु राखून हिचें तोंड बंद केलें आहे. ही पिशवी वाताकर्षकाचे ग्राहकांत ठेवून त्या पात्रांतला वारा काढण्यास आरंभ करूं. जसजसा पात्रांतील वारा बाहेर पडूं लागला, तसतशी आंतली पिशवी अधिकाधिक फुगूं लागली. ज्या वेळेस पात्रांतील वारा बाहेर काढला नव्हता, त्या वेळेस ती पिशवी चेपटलेली होती, तरी तींत थोडासा वारा असावा. पात्रांतील कांहीं वारा बाहेर काढल्यानें त्यांतील पिशवीवरचा दाब कमी झाला, तेव्हां पिशवीमधला शिलक वारा आपल्या प्रतिसारण-शक्तीच्या योगानें फुगूं लागला; त्यामुळें आपणास पिशवी फुगारलेली दिसूं लागली. आतां वाताकर्षकाचीही ड ठिकाणची फिरकी फिरवून बाहेरच्या वाऱ्यास पात्रांत जावयास वाट देतों. हा पहा

बाहेरचा वारा पात्रांत जातांच, त्यानें फिरून पूर्वींच्या जोरानें पिशवीवर दाब घातला. व त्या दाबानें पिशवी पुनः पूर्वी सारखी चेपटलेली झाली.

प्रयोग २८ वा.—पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर व तेथील सर्व पदार्थांवर वातावरणाचा दाब आहे. वातावरणास वजन आहे, तेव्हां त्याचा दाब खालच्या पदार्थांवर आहे हें सांगण्यास नको. परंतु, वातावरण कोणास दिसत नाहीं, आपल्या नेहेमीच्या व्यवहारांत पदार्थांवर त्याचा दाब आहे असेंही आढळत नाहीं, तेव्हां वरील गोष्ट कशी कोणाचे लक्षांत यावी? ह्याकरितां आपण पुढील प्रयोग करून पाहूं, आणि नंतर वातावरणाचा दाब आपल्या अनुभवास कां येत नाहीं याचाही विचार करूं.

हें पहा एक कांचेचें वाटोळें नळकांडें दोन्ही तोंडांनीं उघडें आहे. यास वाताकर्षक-यंत्राच्या तबकडीवर क ठिकाणीं ठेवितों. आणि त्याच्या वरतीं एक सपाट कांचेचा पत्रा ठेवितों. फटीवाटें वारा जाऊं नये ह्मणून नळकांड्याच्या कडणीला थोडासा तुपाचा हात देतों. आतां पहा हा पत्रा त्या नळकांड्यावर आहे तेथून त्यास वर उचलून घेण्यास कांहीं श्रम पडत नाहीं. पण आतां मी त्या नळकांड्यांतला



आकृति २९ वी.

वारा काढून घेतों, आणि मग तो पत्रा नळकांड्यावरून उचलतो किंवा नाहीं तें पहा. तो उचलत नाहीं. कां बरें उचलत नाहीं! त्याला कोणी बरें आपल्या भारानें नळकांड्यावर चेपून धरिलें आह? पत्र्यावर वातावरणा-

चा स्तंभ ४९ मैल उंचीचा आहे त्याशिवाय दुसरा पदार्थ नाहीं. तर मग त्या पत्र्यावर वातावरणाचाच भार आला असावा. तर मग हा वातस्तंभाचा दाब वायु काढण्यापूर्वीं कां दिसूं नये? वायुरूपी पदार्थ हे जलरूपी पदार्थांप्रमाणेंच त्या मधल्या पदार्थाला चोंहीं दिशांनीं दाबितात ह्मणून मी पूर्वींच सांगितलें. त्याच नियमाप्रमाणें, पत्र्यावरचा वायूचा स्तंभ आपल्या भारानें तो पत्रा खालीं दाबीत होता, व तेवढ्याच जोरानें खालचे नळकांड्यांतला वायु त्याला वर दाबीत होता. ह्याप्रमाणें दोघांची बरोबरी होत होती, ह्मणून आपणांस ह्यांपैकीं एकही दाब समजत नव्हता. परंतु खालचा दाब जेव्हां काढला, तेव्हां वरून दाब आहे असें अनुभवास येऊं लागलें.

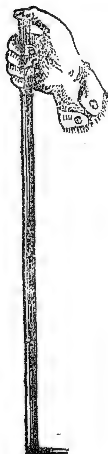
६८. वातावरणाचा दाब समतोलनामुळें कळत नाहीं.– मागील प्रयोगावरून तुमचे लक्षांत ही गोष्ट आलीच असेल कीं, कांचेच्या पत्र्यावर वरून आणि खालून असा दोहींकडून वाऱ्याचा दाब असल्यामुळें त्याचें समतोलन झालें. आणि त्यामुळें तो दाब किती होता हें आपल्या लक्षांत आलें नाहीं. आपण सर्वजण आणि इतर पदार्थ वातावरणांत आहोंत, अगर आपल्या सभोंवतीं वातावरणाचें वेष्टण आहे. शिवाय आपल्या देहांतूनही वायु असतो त्यामुळें सर्वांवर त्याचा दाब चोंहीं दिशांनीं पडतो आणि त्या दाबांचें समतोलन होतें. मग त्या वातावरणाचा दाब आपल्या अनुभवास कसा येईल? येणार नाहीं. त्याचा अनुभव घेण्यास एकीकडचा त्याचा दाब जेव्हां नाहींसा करावा तेव्हां दुसरी-

कडचा राहिलेला दाब लक्षांत येतो, हें आपण मागील प्रयोगांत पाहिलेंच आहे.

प्रयोग २९ वा.—न्हावी लोकांजवळ रक्त काढण्याची तुंबडी असते. तिचा आकार शंकूसारखा असतो. तिचे वरले तोंडास एक बारीक भोंक असतें. ही तुंबडी तुह्मी एका माणसाच्या पोटावर ठेवा, आणि वरचे तोंडास आपलें तोंड लावून जोरानें तुंबडींतला वारा भोंकावाटे ओढून घ्या. तुंबडीपासून तोंड काढलें ह्मणजे भोंकावाटे वारा आंत जाईल, ह्मणून पूर्वींच त्या टोंकाभोंवतीं ओल्या चोळलेल्या पानाचा तुकडा गुंडाळा. तुंबडींतला वारा बाहेर ओढून घेतांना हा हरकत करणार नाहीं, परंतु तुंबडीपासून तुमचें तोंड सुटलें ह्मणजे तो भोंकावर चिकटून बसेल, आणि बाहेरच्या वाऱ्यास आंत जाऊं देणार नाहीं. याप्रमाणें पोटाला तुंबडी लावली ह्मणजे काय चमत्कार घडतो तो पहा. तुंबडींतला वारा निघण्याबरोबर पोटावरच्या व छातीं-तून पोंचणाऱ्या वायूच्या दाबानें भोंवतालचें रक्त तुंबडी-खालीं लोटलें जाऊन तुंबडीखालची पोटाची कातडी तुह्मी वर ओढल्याप्रमाणें उचलते, आणि त्याचा माणसास चांगला अनुभव येतो. तुंबडी लावली नसते तेव्हां याप्र-माणें पोट कां बरें बाहेर निघत नाहीं? त्या रक्तावर आंतून व बाहेरूनही वातावरणाचा दाब असतो ह्मणून.

६९. **भारमापक यंत्र.**—ही पहा ३४ किंवा ३९ इंच लांबीची एक कांचेची नळी आहे, हिचें एक शेवट बंद असून दुसरें उघडें आहे. ही मीं उभी धरून तींत पारा भरतों. नंतर तिच्या उघडे तोंडावर आपलें बोट धरून तें तोंड खालीं करून त्यास ह्या पाऱ्यानें भरलेल्या

पात्रांत बुडवितों, आणि नळीच्या तोंडावरचें बोट काढून घेतों. आतां काय गम्मत होते ती पहा. तोंडावर माझें बोट होतें तेथपर्यंत पारा शेवटपर्यंत नळींत भरलेला होता. तोंडावरचें बोट काढण्याबरोबर तो तीन चार इंच खालीं जाऊन, त्या ठिकाणीं स्थिर राहिला. नळींतल्या पाऱ्याची उंची खालच्या पात्रांतील पाऱ्याच्या सपाटीवर सरासरी ३० इंच आहे. नळींतला पारा पहिल्यानें खालीं कां गेला? आणि मग तेथेंच कां राहिला? आणखी खालीं कां गेला




आकृति २६ वी.

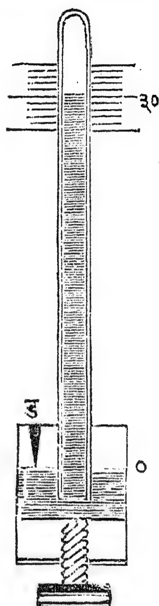
नाहीं? वरच्या बाजूस तीन चार इंच जागा रिकामी दिसते तींत काय आहे? या प्रश्नाचीं उत्तरें अशीं आहेत. नळींतल्या पाऱ्यानें आपल्या भारानें खालीं जावें हें खरें आहे, आणि त्याप्रमाणें त्यानें पहिल्यानें खालीं उतरण्यास आरंभही केला. परंतु या कारणानें नळींतून जो पारा पात्रांत नवा आला त्यास जागा देण्याकरितां पात्रांतील पाऱ्यास वर चढावें लागलें, व त्यामुळें त्यावर जो बाहेरच्या वातावरणाचा दाब होता त्याच्या विरुद्ध जोर करवा लागला. हा जोर नळींतल्या पाऱ्याच्या उंचीवर आहे. तो जितका अधिक उंच असेल तितक्या जोरानें तो खालीं अधिक भार घालून पात्रांतील

पाऱ्यास वर उचलील. तर मग नळींतल्या पाऱ्याची शक्ति पात्रांतल्या पाऱ्यावरील वातावरणाच्या दाबापेक्षां अधिक होती, तेथपर्यंत नळींतल्या पाऱ्यानें पात्रांत खालीं येऊन पात्रांतील पाऱ्यास वातावरणाच्या दाबाविरुद्ध वर चढविलें. परंतु जेव्हां नळींतल्या पाऱ्याची शक्ति वातावरणाच्या दाबाशीं समतोलाची झाली तेव्हां नळींतून पारा खालीं येण्याचा बंद झाला. सारांश पात्रांतील पाऱ्याच्या पृष्ठाला दर चौरस इंचास जितके पौंडप्रमाणें त्यावरील वायुस्तंभाचा भार खालीं दाबतो त्याच दरानें त्या पृष्ठाला नळींतील पारदस्तंभाचा भार वर उचलूं लागतो तेव्हां तें पृष्ठ समतोल होऊन, त्या उंचीवर नळींतला पारा ठरतो. नळींतल्या पाऱ्यावर जी पोकळी राहिली तींत कांहीं नाहीं.

कांहीं कारणानें वातावरणाचा दाब अधिक झाला तर तो पात्रांतील पाऱ्यास दाबून नळींतील पाऱ्यास अधिक उंचीवर चढवितो, आणि कमी झाला तर नळींतला पारा खालीं उतरून पात्रांतील पाऱ्यास वर चढवितो. याप्रमाणें नळींतील पारा हवेचा दाब दाखवितो. ह्मणून या यंत्रास **भारमापक यंत्र** असें नांव प्रसिद्ध आहे. इताली देशांत राहणाऱ्या एका **टार्सेली** नांवाच्या गृहस्थानें या यंत्राची योजना पहिल्यानें उदयास आणिली ह्मणून त्याच्या सन्मानार्थ नळींतील पाऱ्यावरच्या रिकाम्या जागेला **टार्सेलीचा निर्वात प्रदेश** असें नांव देतात.

७०. **भारमापक यंत्राचा उपयोग.**—भारमापक यंत्राचे प्रकार पुष्कळ आहेत, तरी त्या सर्वांत वर दाखविलेलें बीज एकच आहे. खालच्या पात्रांतील पाऱ्यावर नळींतला पारा किती उंच आहे तें दाखविण्याकरितां नळीवर इंच व इंचांचे

दशांश ह्यांच्या खुणा केलेल्या असतात. पाऱ्याची उंची शतांशापावेतों मोजतां येण्यासाठीं ह्या नळीवर **व्हॉर्नियरची भागावली** (इं० स्केल) सरकती अडकविलेली असते. नळींतील पाऱ्याची उंची ही पंचपात्रांतील पाऱ्याच्या पृष्ठापासून मोजावयाची असते. परंतु पारा नळींत चढला ह्मणजे त्याचें पंचपात्रांतलें पृष्ठ खालीं उतरतें आणि तो खालीं उतरला ह्मणजे त्याचें पंचपात्रांतील पृष्ठ वर चढतें ह्मणून हें पृष्ठ ड खुणेच्या टोंकाशीं (ह्मणजे शून्य इंचाशीं) आणण्यासाठीं पाऱ्याचें बूड मळसूत्राचे अणीवर सरकतें अडकविलेलें असतें.



आकृति २७ वी.

जमिनीची किंवा डोंगराची उंची काढणें आहे तर या यंत्राचा उपयोग करितां येतो. वातावरणांत अधिकाधिक उंचीवर जावें तस तसा वातावरणाचा दाब कमी कमी होतो, ह्मणून हें यंत्र एकाद्या डोंगराच्या पायथ्याशीं नेऊन त्या ठिकाणीं नळींतल्या पाऱ्याची उंची मोजली, आणि नंतर हें यंत्र डोंगराच्या शिखरावर नेलें आणि त्या ठिकाणीं फिरून नळींतल्या पाऱ्याची उंची मोजली, तर तळापेक्षां डोंगराच्या शिखरावर वातावरणाचा भार कमी असल्यामुळें भारमापक यंत्रांतला पाराही कमी उंचीवर तेथें राहतो. यामुळें त्या यंत्रास डोंगरावर नेल्याच्या योगानें त्यांतला पारा किती

उतरला हें पाहतां येतें, आणि त्यावरून डोंगराची उंची काढतां येते. समुद्राच्या पातळीवर भारमापक यंत्रांतला पारा बहुतकरून ३० इंचांवर असतो. आपण कोंकण सोडून घाटमाथ्यावर येतों, त्या ठिकाणीं भारमापक यंत्रांतला पारा सरासरीनें २८ इंचांवर असतो. समुद्राच्या पाठीवर घांटमाथ्याची उंची सुमारें १८०० फूट आहे. ह्यावरून दशांश इंच पारा उतरण्यास ९० फूट उंची असें मान ह्या मर्यादेंत बसतें. ह्याहून वरच्या प्रदेशांत उंचीचें मान ह्याहून कमी असलें पाहिजे हें उघड आहे.

७१. भारमापकाचा हवेंतील फेरफाराशीं संबंध.— भारमापक यंत्र एकाच ठिकाणीं सदोदित ठेवीत गेलों तर पाऱ्याची उंची नेहेमी बदलत असते असें अनुभवास येतें, यावरून वातावरणाची उंची सदोदित सारखी नसते. वातावरणांत जे नेहेमी फेरफार होत असतात, त्यांच्यामुळें त्याची उंची व त्याचा दाब यांत नेहेमी बदल होतो. उष्णतेनें वायूचें प्रसरण होतें व थंडीनें त्याचें आकुंचन होतें, ह्यामुळें भारमापकांतील पारा दिवसाचे ३ प्रहर होत पावेतों उतरत असतो, व रात्रीचे ३ प्रहर होत तोंपावेतों चढत असतो. हा चढउतार उष्णतामापकांतल्याच्या उलट प्रकारानें होतो. ह्यावरून प्रत्येक स्थळीं ३ प्रहर रात्रीस वातसमुद्रांतील भरतीचा समा व्हावा, व ३ प्रहर दिवसास ओहोटीचा निखार व्हावा, अशा बेतानें वातसमुद्रांतून भरतीची लाट पूर्वेकडून पश्चिमेकडे फिरत असली पाहिजे हें उघड होतें.

उष्णतेनें वाफ धारण करण्याची वायूची शक्ति वाढते

व थंडीनेंही धारणाशक्ति कमी होते, ह्मणून वायूंत ह्या धारणाशक्तीपेक्षां अधिक वाफ भरली, किंवा वायु थंड झाल्यानें त्यांतील वाफ त्याच्या धारणाशक्तीहून फाजील झाली, ह्मणजे ती वाफ पिळलेल्या वस्त्राप्रमाणें बाहेर पडून धुक्यांतील उदकाच्या रूपानें दिसूं लागते. थंडीचे वेळीं तापलेल्या पाण्यावरची वाफ धुक्याच्या रूपानें वर जातांना दिसते. ह्यावरून कोरड्या किंवा रूक्ष वायूपेक्षां ओला किंवा वाफ भरलेला वायु हलका असतो हें उघड आहे. ह्यावरून लक्षांत येईल कीं, भारमापकांतील पाऱ्याचें उतरणें हें वायु वाफेंत पूर्ण भरल्याचें किंवा भावी वृष्टीचें दर्शक समजलें पाहिजे.

विरुद्ध दिशांस वाहणारे दोन वायु एकमेकांवर आदळले, किंवा त्यांची टाळी वाजली, ह्मणजे त्यांत सांपडलेल्या धूळकचऱ्याचा फिरता खांब किंवा भोंवरा कोणीकडे तरी जात असतो. ह्याच्या गतीला खालच्या भागाकडे अडथळा असतो ह्मणून शेंडा पुढें व बुडखा मागें अशा रीतीनें चालणारे हे धूळकचऱ्याचे फिरते खांब उन्हाळ्याच्या दिवसांत जागोजाग पाहण्यांत येतात. ह्यांना ह्यांच्या मोठेपणाप्रमाणें भुती (भोंवती ?), वावटळ किंवा वावधूळ, आणि वादळ, अशीं नांवें देतात. वादळाच्या प्रचंड फिरत्या खांबाचा बुडखा आपणापासून फार दूरच्या जमिनीशीं नासधूस करीत असून त्याचा शेंडा आपल्या स्थलावरतीं फार उंचीवर असला, तर तेथें तो शेंडा मोठ्या वेगानें भ्रमत असतांही त्या खालच्या आपल्या ठिकाणच्या वायूंत परम शांति आढळेल. तरी त्याच्या केंद्रोत्सारी प्रेर-

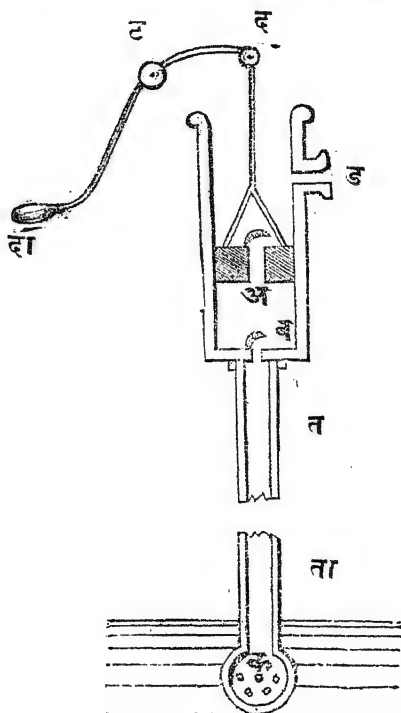
णेनें खालचा वायु खालीं आणि वरचा वायु वर लोटला गेल्यामुळें आपल्या भारमापकावरचा वातस्तंभ तुटला जाईल. ह्यामुळें आपल्या भारमापकांतला पारा एकदम खालीं उतरून येणाऱ्या वादळाची सूचना पूर्वी देईल. ह्याप्रमाणें भारमापक वृष्टि व वादळ ह्यांची सूचना पूर्वी देतें.

७२. पाण्याचा उच्चालक बंब.—भारमापक यंत्राचे वर्णनांत सांगितलें आहे कीं, नळींतल्या निर्वात प्रदेशांत सुमारें २॥ फूट उंचीपावेतों, वातावरणाचे दाबानें पारा चढला जातो. पाणी तर पाऱ्याचे १३॥ वे हिस्शानें हलकें आहे, ह्मणून पाऱ्याच्या ठिकाणीं पाणी घेतलें तर तें वातावरणाच्या दाबानें पाऱ्यापेक्षां सुमारें १३॥ पट उंचीपावेतों चढावें असें दिसतें, आणि त्याप्रमाणें अनुभवासही येतें. वातावरणाचे दाबानें नळींत पाणी ३३-३४ फूटपर्यंत उचलून धरिलें जातें.

आतां बंबाच्या योगानें विहिरींतलें पाणी वर कसें चढवितात तें पाहूं. आकृति २८ हींत बंबाचें चित्र काढलें आहे त्याचेकडे लक्ष द्या. या आकृतींतील **दटदा** हा दट्ट्याशीं जडलेला उच्चालक दांडा दाखवितो. हा दट्ट्या त्याबाहेरचे नळकांड्यांत घट्ट फिरेसा बसविलेला असतो. याची **दा** मूठ हातांत धरून खालीं वर केली ह्मणजे त्याबरोबर नळकांड्यांतील दट्ट्याही वर खालीं होतो. दट्ट्याच्या मध्यभागीं, वायु आंत येण्याकरितां भोंक असतें आणि त्या भोंकावर **अ** प्रमाणें वर उघडणारी झडप असते. नळकांड्याच्या तळाशीं त्याचप्रमाणें दुसरें भोंक असतें, आणि त्याच्या वरही वर उघडणारी **ब** प्रमाणें झडप असते. नळ-

कांड्याच्या खालच्या बाजूस तता प्रमाणें नळी लाविलेली असते, ती पाण्यांत एक दोन हात खोल जाई इतकी लांब असते. या नळीच्या खालच्या तोंडास क ही जाळी असते. जाळीचा उपयोग इतकाच कीं, विहिरींत केरकचरा असला तर तो नळींत जाऊं नये. आतां पाणी कसें चढतें तें पहा.

नळकांड्यांतला दट्ट्या ब झडपेपासून वीतभर उचलला ह्मणजे, त्या झडपेवरची वीतभर जागा निर्वात होते, तेव्हां सहजच खालच्या नळींतला वायु आपल्या प्रसरणधर्मामुळें ब ठिकाणची झडप उघडून त्या रिकामे जागेंत येतो असें झाल्यानें खालच्या नळींतला वायु पातळ होतो, व यामुळें बाहेरच्या वा-



आकृति २८ वी.

तावरणाच्या दाबानें विहिरींतलें पाणी सुमारें वीतभर या नळींत चढतें. बरें, बंबाचा दट्ट्या तेथून खालीं

लोटला, ह्मणजे त्याच्या खालीं जो वारा पूर्वी भरलेला होता तो दबून बाहेरच्या वायूपेक्षां किंचित घट्ट झाला कीं तो आपल्या फुगण्यानें ब झडप बंद करतो, आणि अ झडपेला ढोई देऊन वर येतो. पुढच्या उघडझांपीस असेंच व्हावयाचें, ह्मणून दट्ट्या वर खालीं करण्याचा व्यापार चालू झाला ह्मणजे दर खेपेस विहिरींतलें पाणी थोडें थोडें नळींत चढून शेवटीं नळकांड्यांत शिरतें, आणि मग दट्ट्याच्याही वर येऊन ड तोंडावाटे बाहेर पडूं लागतें. दर वेळेस दट्ट्या वर येऊं लागला ह्मणजे त्याच्या खालीं निर्वात प्रदेश होतो, आणि वातावरणाचेच दाबानें विहिरींतलें पाणी नळींत चढतें. वातावरणाचा दाब ३३।३४ फुटांपावेतोंच पाणी चढविण्यापुरता आहे. ह्मणून विहिरीची खोली अगर ड स्थळाची उंची ह्याहून कमीच असावी लागते.

बंब फार दिवस रिकामा असला ह्मणजे दट्ट्याचें कातडें सुकून जातें, आणि दट्ट्या वर घेतला ह्मणजे त्याच्या फटीवाटे वारा आंत शिरून दट्ट्याखालीं निर्वात प्रदेश होत नाहीं, यामुळें विहिरींतलें पाणीही वर चढत नाहीं. असें झालें असतां दट्ट्यावर थोडेंसें पाणी ओतावें लागतें, ह्मणजे त्या योगानें दट्ट्याचें कातडें फुगतें आणि वारा जाण्यास फट राहत नाहीं, आणि दट्ट्याखालीं निर्वात प्रदेश पुनः चांगला होऊन बंबाचें काम चालू होतें.

कर्तृत्व.

७३. **कर्तृत्वाचें लक्षण.**—येथपर्यंत जें सांगितलें त्यांत

मुख्यत्वेंकरून पदार्थ कसे बनले आहेत, ते केव्हां दृढ असतात, केव्हां पातळ असतात, केव्हां वायुरूपी असतात; या प्रत्येक अवस्थेंत त्यांचे आकार, आकारमान, यांत कोणकोणते फेर होतात, असल्या गोष्टींचा विचार झाला. परंतु वेगळाले प्रसंगीं जीं पदार्थांपासून वेगळाले प्रकारचीं कार्यें घडत असतात त्यांजविषयीं आपण कांहींच विचार केला नाहीं. जमिनीवर नुसता पडलेला धोंडा, आणि हातानें फेंकलेला धोंडा, यांचीं कार्यें वेगळालीं आहेत. विण्याची नुसती तार, आणि छेडलेली तार, यांचीं कार्यें वेगळालीं आहेत. आगकाडी नुसती आपल्या हातांत असते तेव्हां, आणि तिला पेटीवरच्या काळ्या पदार्थावर घांसतों तेव्हां, तिच्यापासून वेगळाल्या प्रकारचीं कार्यें घडून येतात. अशाच रीतीनें कांचेचे नुसते तावदानापेक्षां, रेशमानें घांसलेले तावदानांत वेगळी करामत आढळते. पदार्थ अशा कोणत्याही अवस्थेंत असो, त्या अवस्थेंत त्याच्यापासून कांहीं तरी काम होत असतें, किंवा तें करण्याचें सामर्थ्य त्याच्या आंगीं वसत असतें. या सामर्थ्यास आपण पदार्थाची **कर्तृत्वशक्ति** किंवा **करामत** असें नांव देऊं. पदार्थाची कर्तृत्वशक्ति किंवा करामत चार स्वरूपांनीं नजरेस येते. जसें—

१ ते चलित असतात तेव्हां.
२ ते कंपित असतात तेव्हां.
३ ते उष्ण असतात तेव्हां.
४ ते विद्युद्विशिष्ट असतात तेव्हां.

७४. कामाचें लक्षण——पदार्थाचें कर्तृत्व हें त्याच्या कामावरूनच गणलें पाहिजे, ह्याकरितां एक काम ह्मणजे काय समजावें याचा ठराव अगोदर केला पाहिजे. एक शेर द्रव्य भूमीचे ओढीविरुद्ध एक फूट वर उचलणें ह्याला आपण एक काम ह्मणूं, व एक काम करण्याचें जें सामर्थ्य त्याला एक कर्तृत्व ह्मणूं. ह्यावरून एक फूट उंचीवर दोन शेर वजन नेलें असतां दुप्पट काम होईल, तसेंच दोन फूट उंचीवर एक शेर द्रव्य चढविलें तरीही दुप्पट काम होईल, हें उघड आहे. तर मग पदार्थाचें द्रव्य व त्याची गुरुत्वाकर्षणाविरुद्ध चाल ह्यांचा जो गुणाकार येईल तो भूमीचे प्रेरणेविरुद्ध झालेलें काम दाखवील.

उदाहरणार्थ एक धोंडा व वेगानें वर फेंकला, तर तो भूमीचे आकर्षणाविरुद्ध $\frac{व^२}{२ग}$ इतके फूट वर जाईल, असें (क. ३२ प. ४ मध्यें) पूर्वी ठरलें आहे. कामाच्या लक्षणाप्रमाणें धोंड्याचें द्रव्य एक शेर असलें तर वरील संख्या हीच त्याचें काम दाखवील, व तें द्रव्य जर २ शेर असलें तर वरील संख्येची दुप्पट ही त्याचें काम दाखवील. यावरून वर फेंकलेल्या पदार्थाचें द्रव्य जर **द्र** शेर ह्मटलें, आणि त्याचें काम करण्याचें सामर्थ्य किंवा कर्तृत्व **कृ** ह्मटलें, तर

$$कृ = \frac{द्र \cdot व^२}{२ग}$$

असें येतें. या पद्धतींत **द्र**= १ आणि **ग**= ३२ घेऊन वचे जागीं ३२ फू, ६४ फू, व ९६ फू, ह्या किंमती अनुक्रमें घेत

ल्या; तर कृचे जागीं १६ फू, ६४ फू, व १४४ फू, ह्या संख्या अनुक्रमें येतात. ह्यांत पदार्थाला दिलेले वेग हे १, २, ३, अशा संख्यांशीं प्रमाणांत असले; तर त्यांचीं कर्तृत्वें १, ४, ९, अशीं त्या संख्यांच्या वर्गांशीं प्रमाणांत येतात. ह्मणून,

७५. **चलित पदार्थांचें काम करण्याचें सामर्थ्य.**—हें पदार्थाचें वजन व त्याचे वेगाचा वर्ग ह्यांचे गुणाकाराचे प्रमाणांत असतें. ह्मणजे एक शेर वजनाचे पदार्थाला कांहीं वेगाची गति दिल्यानें एक काम होत आहे, तर त्याच पदार्थाला दुप्पट वेगाची गति दिली तर त्यापासून चौपट काम होतें, तिप्पट जोरानें गति दिली तर नऊपट काम होतें, असें वेगाचे वर्गांप्रमाणें काम वाढत चालतें.

या नियमाची विशेष फोड होण्यासाठीं कल्पना करा कीं, कांहीं एक जोरानें एक धोंडा वर फेंकला, किंवा चिखलाचे ढिगाऱ्यावर फेंकला, तर तो जितका वर जाईल किंवा चिखलांत रुतेल त्यापेक्षां दुप्पट जोरानें फेंकला तर तो चौपट उंचीवर जातो किंवा चौपट चिखलांत रुततो. पहिल्या जोरानें जर १६ फूट वर गेला असला किंवा एक फूट चिखलांत रुतला असला, तर दुप्पट जोरानें ६४ फूट वर जातो किंवा ४ फूट चिखलांत रुततो. हातोडीच्या एका जोरानें जितकी खालच्या सुपारीला इजा होते त्याच्यापेक्षां दुप्पट जोरानें चौपट इजा होते. यावरून खालच्या सुपारीवर पुष्कळ जोरानें किंवा गतीनें धोंडा आला, तर तो तिचा चूर कां करून टाकतो याचें कारणही शिकणा-

रांचे लक्षांत येईल. तरवारीनें दुप्पट जोरानें हात मारला तर तो पदार्थाचा चौपट नाश करितो. या उदाहरणावरून अधिक जोरानें काम केलें असतां तें काम किती पटीनें अधिक होतें हें आतां तुमच्या लक्षांत येईल.

७६. **कर्तृत्वाची नित्यता.**—ह्या विचाराकरितां एक शेर वजनाचा धोंडा ३२ फूट वेगानें वर फेंकला आहे असें माना. ह्या धोंड्याकडून भूमीच्या आकर्षणाविरूद्ध काम १६ फूट शेरच व्हावयाचें, तरी ह्या १६ फूट उंचीच्या ठिकाणीं पोंचतांना धोंड्यामध्यें अशी योग्यता येते, कीं तो तेथून सुटला तर भूपृष्ठाशीं पोंचतांच त्यामध्यें पुनः वर फेंकण्याच्या वेगाइतकाच ३२ फूट वेग येतो. 'ह्या वेगानें हा धोंडा खुंट्यावर पडला तर त्याला भूमींत गाडील. नारळावर पडला तर त्याचे तुकडे तुकडे करील. तिळांवर पडला तर त्याचें तेल काढील, आणि रहाटावर पडला तर त्याला फिरवील. असें या उंच ठिकाणीं पोंचलेल्या धोंड्याकडून पाहिजे तें काम होईल. यावरून काम करण्यांत जें पदार्थाचें कर्तृत्व खर्चीं पडतें तें संचित कर्माच्या रूपानें त्या पदार्थांतच रहातें, असें ह्मणावें लागतें. हा धोंडा अर्ध्या सेकंदानें १२ फूट उंचीस चढतो, तेव्हां १२ फूट शेर हें त्याचें संचित कर्म होतें, ४ फूट शेर हें त्याचें क्रियमाण कर्म रहातें, आणि ह्यांची बेरीज १६ फूट शेर ही प्रारब्ध कर्म दाखविते. याप्रमाणें पदार्थाच्या द्रव्याच्याच प्रमाणें त्याच्या कर्तृत्वाचा कधीं नाश होत नाहीं ह्मणून त्याला नित्य ह्मणतात.

७७. **संचित कर्म अगर स्थानमाहात्म्य.**—पदार्थ स्थिरावस्थेंत असतांही त्याच्या स्थितीप्रमाणें त्याच्या आंगीं काम

करण्याचें सामर्थ्य संचित किंवा अंतर्हित असतें. ह्या संचित कर्तृत्वाला **स्थानमाहात्म्य**ही ह्मणतात. असें मनांत आणा कीं, एक मनुष्य हातांत धोंडे घेऊन गच्चीवर उभा आहे, आणि दुसरा त्याचप्रमाणें हातांत धोंडे घेऊन खालीं उभा आहे, तर अशा स्थितींत सामर्थ्य कोणाचें अधिक आहे असें जर तुह्मांस विचारलें, तर जो गच्चीवर उभा आहे त्याचें, असेंच तुह्मी ह्मणाल. वरच्या मनुष्यानें खालचे मनुष्यावर आणि खालचे मनुष्यानें वरचे मनुष्यावर जर आपले जवळचे धोंडे फेंकले, तर नाश खालच्याचा अधिक होईल हें सांगावयास नको.

पदार्थाचे आंगीं कोणतेंही काम करण्याची शक्ति असली ह्मणजे झालें, त्यानें तें काम केलेंच पाहिजे असें नाहीं. मग ही शक्ति त्याच्या आंगीं कोणत्याही कारणानें आली असो. बंदुकींत बार भरून त्यांत गोळी घातली ह्मणजे पुरे, तिच्या आंगांत तेवढ्यानेंच संचित कर्तृत्व येतें. हातांत कुऱ्हाड घेऊन ती वर उचलली ह्मणजे जरी तिनें प्रत्यक्ष लांकूड फुटत नाहीं, तरी तिच्या आंगांत फोडण्याची शक्ति आली असें आपण ह्मणूं. अशी कल्पना करा कीं एका पाणचक्कीच्या वरले बाजूस पाण्याचा सांठा आहे, आणि खालच्याही बाजूस पाण्याचा सांठा आहे, तर या ठिकाणीं स्थलमाहात्म्यानें वरले पाण्याच्या आंगीं कर्तृत्व आहे असें ह्मणावें लागतें. कारण, चक्की फिरविण्याचें काम वरच्या पाण्याच्यानें मात्र होईल, खालच्या पाण्याच्यानें व्हावयाचें नाहीं. याप्रमाणें पदार्थाच्या आंगीं कोणतेंही काम कर-

ण्याची जी शक्ति व्यक्त किंवा गुप्त असते तीस पदार्थांचें **कर्तृत्व** किंवा **करामत** असें ह्मणावें.

लक्षांत धरण्याजोगे असे चलनाचे दोन प्रकार आहेत. पहिला—सरळ पुढें जाण्याचा, व दुसरा—मध्यासभोंवतीं वाटोळें फिरण्याचा. या दोन्ही गति उत्पन्न करण्यास जोर लागतो. या जोरानें पदार्थांस गति आली ह्मणजे त्यांच्या आंगीं कर्तृत्वशक्ति येते, आणि या शक्तीप्रमाणें त्या पदार्थां-पासून काम होतें. जोर दुप्पट तिप्पट वाढविला, तर दुप्पट जोरानें चौपट आणि तिप्पट जोरानें नऊपट याप्र-माणें काम होतें. पदार्थांच्या चलनवलनाविषयीं आपणांस जितक्या गोष्टी समजल्या, तितक्या सध्या पुरेत. आतां त्यांच्या कंपनाविषयीं विचार करूं.

कंपित पदार्थ.

७८. **पदार्थांचें कंपन.**—कांपणारे अगर हेलकावणारे पदार्थांचे कण आपली जागा सोडून दुसरीकडे जात नाहींत, जागच्या जागींच मागें पुढें, मागें पुढें, असे हलत असतात. यास पाळण्याचें उदाहरण चांगलें आहे. मुलाला निजवितांना आई पाळणा हालविते, तेव्हां तो मागें पुढें, मागें पुढें, असा मात्र हालत असतो, आपली जागा सोडून पलीकडे जात नाहीं.

७९. **कर्तृत्वाचें रूपांतर.**—पदार्थांच्या कर्तृत्वशक्तीनें नेहमीं एकाच प्रकारचें काम होतें असें नाहीं. तुह्मी ए-कादें दांडूक फेंकलें ह्मणजे त्याचे अंगीं कर्तृत्वशक्ति येते. हें दांडूक एकाद्या चाकावर जाऊन बसलें तर त्यास वाटोळें फिरावयास लावितें. बरें तेंच दांडूक जर त्या पाळण्यावर

जाऊन बसलें तर त्या पाळण्यास मागें पुढें हेलकावे खाव-यास लावितें. तेंच दांडूक जर पाण्यानें भरलेल्या पातेल्यावर जाऊन बसलें तर त्या पातेल्यांतल्या पाण्यांत लाटा उत्पन्न करितें. पुढें ह्या प्रत्येकाचे आघातापासून ती गति वायूमध्यें येते. वायूपासून पुढें कोणाकोणाला ही गति मिळते त्याचा तर नेमच सांगतां येत नाहीं. आतां ह्या गतीच्या रूपांतराकडे लक्ष दिलें असतां असें दिसून येतें कीं, जो जोर दांड्यामध्यें सरळ चालण्याचा असतो, तोच चाकावर भ्रमणाचें रूप धारण करितो. पाळण्याचे संबंधांत त्यालाच हेलकाव्याचें रूप येतें. पातेल्यावर त्याला कंपाचें रूप येतें, आणि पाण्यावरतीं तोच लाटांचे रूपानें दृष्टीस पडतो. ह्याप्रमाणें जोराचें रूपांतर तऱ्हेतऱ्हेचें होत चालतें, पण त्याचा कधीं कोठें नाश होत नाहीं.

८०. **हेलकावणें व थरथरणें ह्यांतील भेद.**—पदार्थांचें अगर त्याचे कणांचें मागें पुढें जाणें जेव्हां हलके गतीनें होत असतें आणि तें आपल्यास डोळ्यांनीं दिसतें तेव्हां तो पदार्थ **हेलकावे** खातो आहे असें आपण ह्मणतों, परंतु तेच हेलकावे फार जलद होऊं लागले, व त्यांच्यावर आपली नजर ठरत नाहींशी झाली, ह्मणजे त्याच हेलकाव्यांस आपण कंप असें नांव देतों. उदाहरण, पाळणा अगर चऱ्हांट हेलकावे खात आहे असें आपण ह्मणतों, पण तेंच विण्याचे तारेला ती थरारत आहे किंवा कंपित झाली आहे असें आपण म्हणतों. या थरथरण्याचा परिणाम असा होतो कीं, थरथरणाराच्या शेजारीं जे पदार्थ असतात तेही थरथरूं लागतात. शेजारचे पदार्थ पातळ

किंवा वायुरूपी असले तर त्यांच्यांत लाटा किंवा लहरी उत्पन्न होतात.

प्रयोग ३० वा.—तुमच्या शेजारीं जो तलाव असेल तिकडे जा. त्याच्या किनाऱ्यावर बसून आपल्या हातानें पाण्यास हलवा अगर त्यांत धोंडा टाका. या कृतीनें त्या तलावांत लाटा उत्पन्न होतील, आणि पाण्यांत एका पाठीमागून एक अशा वाढत पुढें जातांना तुमच्या दृष्टीस पडतील. नदीवर किंवा समुद्रावर वारा सुटला असतो तेव्हां त्याच्या जोरानें पाण्यावर लाटा उत्पन्न होत असतात आणि त्या किनाऱ्याजवळ येऊन आपटत असतात, त्या तुह्मीं वारंवार पाहिल्या असतील.

प्रयोग ३१ वा.—आतां माझे पुढें एक पाण्यानें भरलेलें पातेलें आहे. त्याच्यावर काठीनें हा फटका मारतों. या फटक्याबराबर पहिल्यानें तुह्मास पातेल्यांतून नाद येऊं लागला आणि लगेच पातेल्यांतले पाण्यांत, समोरासमोर, च्यार बाजूंस, लाटा निघालेल्या तुमच्या दृष्टीस पडल्या. काठीच्या फटक्यानें पातेल्यांत थरथरी उत्पन्न झाली, ह्मणजे त्याच्या कडणी मागें पुढें हेलकावे खाऊं लागल्या, या दर हेलकाव्याचा पाण्यास फटका बसून पाणी हालूं लागलें, त्यामुळें पाण्यांत लाटा उत्पन्न झाल्या, आणि त्या आपल्या डोळ्यांस दिसूं लागल्या. पातेल्याचे बाहेर वातावरणाचा वायु आहे, ह्मणून पातेल्याच्या कडणींचे ज्याप्रमाणें आंतील पाण्यावर फटके बसले, त्याचप्रमाणें बाहेरच्या वातावरणावरही फटके बसले, आणि त्यामुळें त्यांतही लाटा उत्पन्न झाल्या. वातावरणच आपणांस दिसत नाहीं, तेव्हां त्यांतील

लाटा तरी आपणांस कशा दिसतील? त्या लाटा डोळ्यांनीं दिसत नाहींत हें खरें, तरी त्या आपल्या कानांत शिरून त्या ठिकाणीं जें ढोलकें आहे त्याच्यावर जाऊन आपटतात, त्यामुळें आपणास आवाज ऐकूं येतो. या प्रयोगावरून तुमच्या लक्षांत कोणती गोष्ट आली असावी बरें? ही कीं, पदार्थांच्या कंपनानें पाण्यांत ज्या लाटा उत्पन्न होतात त्या डोळ्यांस दिसतात, आणि हवेंत ज्या लाटा उत्पन्न होतात त्या कानांस ऐकूं येतात.

ध्वनि.

८१. **आवाज व सूर.**—पदार्थांवर एकच फटका मारला, त्यानें वातावरणांत एकच लाट उत्पन्न केली, ती कानांत एकटीच शिरली, तर तिचा एकच ध्वनि (ह्म. आवाज) ऐकूं येतो. परंतु फटके एकामागून एक बसूं लागले, वातावरणांत एकामागून एक अशा लाटा उत्पन्न होऊं लागल्या, त्या कानांत एकामागून एक शिरूं लागल्या, ह्मणजे आवाजही एकामागून एक वेगळाले ऐकूं येतात. परंतु या फटक्यांचा क्रम फार जलदीचा झाला तर आवाज फार जलदीनें व्हावयास लागतात, यामुळें त्यांतील वेगळीक लक्षांत येत नाहीं. असा प्रकार झाला ह्मणजे त्यास आपण स्वर किंवा सूर हें नांव देतों. तेव्हां सूर हा अनेक फटक्यांच्या व लाटांच्या रांगेनें होत असतो. ह्या फटक्यांची संख्या जसजशी वाढत जाते तसतसा सूर उंच होतो.

८२. **स्वरसप्तक.**—गाणारे व वाद्यें वाजविणारे हे **षड्ज, ऋषभ, गांधार, मध्यम, पंचम, धैवत,** व **निषाद** या सात सुरांचीं सप्तकें योजितात, आणि तीं त्यांच्या आदिवर्णांनीं दर्शवितात.

सतारीच्या घोडीपासून १ ल्या **स** च्या (**षड्ज्याच्या**), पडद्यापावेतों (सुंद्रीपावेतों) तारेची लांबी एक ह्मटली, तर पुढील सुरांच्या पडद्यापावेतों तारेच्या लांब्या अशा असतात कीं,

स	**रि**	**ग**	**म**	**प**	**ध**	**नि**	**सा**
१	८/९	४/५	३/४	२/३	३/५	८/१५	१/२

नेमलेल्या काळांतील (१ सेकंदांतील) कंपनांची संख्या ही ज्याप्रमाणानें तारेची लांबी कमी करावी त्याच्या व्यस्त प्रमाणानें वाढते, असा सुरावटीच्या कंपनांचा नियम आहे. ह्मणून **स** सूर उत्पन्न करणारी कंपनांची संख्या १ ह्मटली, तर त्यापुढील संख्यांचे व्युत्क्रम हे ते ते सूर उत्पन्न करणाऱ्या कंपनांच्या सप्रमाण संख्या दाखवितात. जसें.—

स	**रि**	**ग**	**म**	**प**	**ध**	**नि**	**सा**
१	९/८	५/४	४/३	३/२	५/३	१५/८	२

आतां पहिला **स** देणारी कंपनांची संख्या २४ नीं दाखविली, तर त्यापुढील संख्याही ह्याच प्रमाणांत वाढविल्या पाहिजेत. ह्यावरून वेगळाले सूर उत्पन्न करणाऱ्या कंपनांच्या सप्रमाण संख्या अशा येतात कीं,

स	**रि**	**ग**	**म**	**प**	**ध**	**नि**	**सा**
२४	२७	३०	३२	३६	४०	४५	४८

ह्या कंपनांच्या दुपटीनें पुढच्या सप्तकांतील सुरांचीं कंपनें येतात, व ते सूर **सा री** इ० गुरुवर्णांनीं किंवा **स**॰ **रि**॰ इ. पादांकवर्णांनीं दाखवितात.

८३. **स्वरैक्य.**—वरील सूर प्रत्येकीं गोड आहेत, तरी

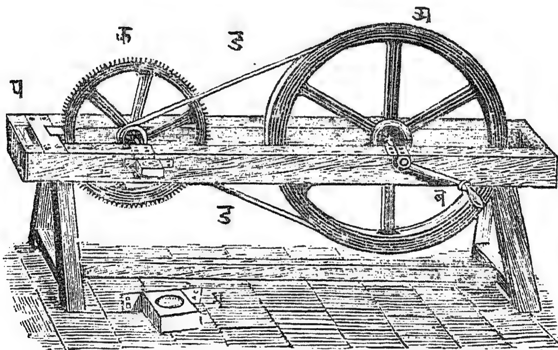
त्यांतील कांहीं सूर एकमेकांबरोबर निघाले असतां त्यांचा मिलाफ फारच गोड लागून चित्तवेधक होतो, ह्या सुरांच्या जुळणीला **स्वरैक्य** ह्मणतात. या स्वरैक्याचें स्वाभाविक कारण त्या त्या सुरांच्या लाटा एकमेकींशीं मिळून कानांत येत जाणें हें दिसतें. उदाहरणार्थ वीणा पहा. **सा** ह्या सुराबरोबर त्याचा **जोड** (तोच सूर) वाजणें हें साधें व पहिल्या प्रतीचें ऐक्य आहे. दुसरें ऐक्य **स** किंवा घोर ह्या आदिसुराबरोबर **अष्टम** किंवा **सा** वाजणें हें आहे. कारण १ सेकंदांत **स** ह्या आदि सुराचीं जितकीं कंपनें होतात त्याच्या दुप्पट कंपनें त्याच्या **अष्टमा**चीं (वरच्या **सा**चीं किंवा **स**$_2$चीं) होतात. अथवा एका सेकंदांत कोणताही सूर ११४० फूट लांब जातो, या लांबींत मूळ **स**च्या जितक्या लाटा होतात त्याच्या दुप्पट लाटा वरच्या **सा**च्या होतात ह्यावरून मूळ **स**च्या प्रत्येक लाटेशीं वरच्या **सा**च्या दोन दोन लाटा मिळत जातात, ह्मणून मूळ **स**च्या प्रत्येक लाटेबरोबर वरच्या **सा**ची दुसरी दुसरी लाट कानांत येत चालते. तिसरें ऐक्य **पंचमाचें** आहे. कारण त्याच्या कंपनांचें किंवा लाटांचें प्रमाण १: $\frac{3}{2}$ किंवा २:३ आहे. ह्मणून मूळ **स**च्या २ ऱ्या लाटेबरोबर **प**ची ३री लाट कानांत येत जाते. चवथें ऐक्य **मध्यमा**चें आहे. कारण **स** आणि **म** यांच्या कंपनांचें अगर लाटांचें प्रमाण ३:४ असल्यामुळें, **स**च्या ३ ऱ्या लाटेबरोबर **म**ची ४ थी लाट कानांत पोंचत जाते. आणि पांचवें किंवा शेवटचें ऐक्य **गांधारा**चें आहे. कारण **स** आणि **ग** यांचें प्रमाण ४:५ आहे ह्मणून **स**च्या ४ थ्या लाटेबरोबर **ग**ची ५वी लाट कानांत शिरत असते.

तीन सूर एकदम वाजविले व त्यांचीं कंपनें ४: ५: ६ या प्रमाणांत असलीं तर त्यांचें ऐक्य होतें. जसें—**स ग प, प नि रीं, म ध सा.**

दर सेकंदास १६ ठोके वाजत चालले (पुढचें यंत्र पहा), ह्मणजे त्यांचा वेगळचार नाहींसा होतो, आणि अगदीं खालचा सूर, अखंडपणें, ऐकूं येऊं लागतो. येथून ठोकयांची संख्या जसजशी वाढत चालेल, तसतसे वरचे वरचे सूर ऐकूं येऊं लागतात. ३२ ठोक्यांपासून तों ८१९२ ठोके दर सेकंदास पडत पावेतों जे सूर निघतात त्यांची सुरावट साधारण ज्ञात्याला जाणतां येते. ह्या मर्यादेंत ८ सप्तक होतात. पण ऐकणारा जर उत्तम मार्मिक असला तर त्याला ह्यापुढें ७२००० ठोकयांपर्यंतची सुरावट ओळखतां येते.

गवईलोक सात सूर काढतात तेव्हां अगदीं खालचा **सा** ऐकावा किंवा आपण तो सूर काढूं लागावें, ह्मणजे त्यामध्यें **अअअअ** असे वेगळाले ध्वनि निघतातसें भासतें. त्यावरचे सुरांत हे ध्वनि फार जलदीनें निघत असतात, ह्मणून ते अधिकाधिक अस्पष्ट होत जातात. विण्याची घोराची खालची तार अमळशी ढील असते, ह्मणून प्रत्येक छेडण्यास जे तिचे हेलकावे होतात, ते कांहीं सावकाशीनें होत असतात, ह्यामुळें तिच्यांतूनही **रररर** असे वेगळाले ध्वनि निघतात. दुसऱ्या तारा अधिक ताणलेल्या असल्यामुळें त्यांचे हेलकावे जलद होत असतात, ह्मणून त्यांचे सुरांत ह्या ध्वनींचा वेगळेपणा दिसून येत नाहीं.

८४. सैरन *.—अमक्या सवनाचा सूर निघण्यास अमके फटके बसले पाहिजेत हें सैरन या नांवाचे यंत्रापासून चांगलें समजतें. या यंत्राचा नकाशा आकृती २९ एथें दाखविला आहे. त्याकडे लक्ष द्या. एका लांकडी चौकटींत एका आंसावर, एक मोठें चाक फिरत असतें. त्याच्या पुढें त्यापेक्षां लहान असें एक दुसरें चाक फिरत असतें. या लहान चाकाचे घेरावर करवतीप्रमाणें दांते असतात. मोठ्या चाकाच्या घेरांवरून धाकट्या चाकाचे आंसावर दोरी आणलेली असते. तिच्या योगानें मोठें चाक फिरूं लागलें, ह्मणजे धाकटेंही चाक फिरूं लागतें. धाकट्या चाकाच्या आंसावरील गरक्याच्या १०० पट मोठ्या चाकाचा घेर असला, तर मोठ्या चाकाचा एक फेरा झाला ह्मणजे धाकट्या चाकाचे १०० फेरे होतात.



आकृति २९ वी.

धाकट्या चाकाच्या घेरावर सुमारें १०० दांते असून यांच्या समोर कागदाची पट्टी धरतात. ह्या पट्टीवर धा-

* इंग्रजींत ह्या यंत्रास सैरन असें नांव आहे, तेंच आम्हीं या पुस्तकांत घेतलें आहे.

कऱ्या चाकाच्या दांत्यांचे दर सेकंदास जितके फटके बसतात तदनुरूप सूर त्यापासून निघतो. मागील आकृतींत अ हें मोठें चाक आहे. ब हा त्यास फिरविण्याचा दांडा आहे. क हें धाकटें चाक आहे. ड ड ही मोठे चाकावरून धाकऱ्या चाकाचे आंसावर गेलेली दोरी आहे. प ही दांत्यासमोर धरलेली कागदाची पट्टी आहे. आणि म हें एक घडियाळ आहे. त्याचा संबंध धाकऱ्या चाकाच्या आंसाशीं जोडलेला आहे, ह्यामुळें दर सेकंदास त्या चाकाचे पट्टीवर फटके किती बसतात तें ह्या घड्याळाचे कांटे दाखवितात.

आतां अमक्याच सवनाचा सूर निघण्यास, कागदाच्या पट्टीवर दांत्यांचे अमुक फटके बसावे लागतात हें कसें मोजतात तें पाहूं. प्रत्येक दांत्या पट्टीवर आला ह्मणजे त्याचा धक्का पट्टीस बसून आवाज होतो. आतां धाकऱ्या चाकावर १०० दांते आहेत ह्मणून त्याच्या एका फेऱ्यांत पट्टीवर १०० दांत्यांचे फटके बसतात. या धाकऱ्या चाकाचा दर सेकंदास एक फेरा झाला, तर दर सेकंदास पट्टीवर १०० फटके बसतात.

ह्या फटक्यांचा वेगळेपणा कानास ओळखतां येत नाहीं, यामुळें ह्यांच्या रांगेपासून खालच्या सवनांतला अखंड सूर ऐकूं येतो. मोठें चाक दर सेकंदास एक फेरा करील अशा रीतीनें फिरविलें, तर त्याच्या एका फेऱ्यांत धाकऱ्या चाकाचे १०० फेरे होतील. आणि धाकऱ्या चाकाच्या दर फेऱ्यास कागदाच्या पट्टीवर १०० ठोके बसतील, ह्मणून मोठे चाकाच्या एका फेऱ्यांत (ह्मणजे एक सेकंद या वेळांत) काग-

दाच्या पट्टीवर १०० × १०० ह्मणजे १०,००० फटके बसतील. या फटक्यांपासून एक उंच सवनाचा सूर ऐकूं येईल. मोठें चाक पाहिजे तेवढें हळू किंवा लवकर फिरविलें ह्मणजे त्यापासून पाहिजे त्या सवनांतला सूर उत्पन्न करितां येईल हें उघड दिसतें.

आतां, अमक्या सवनाचा सूर उत्पन्न होण्यास किती ठोके बसावे लागतात हें पहाणें आहे, तर जो सूर ताडून पाहाण्याचा असेल त्या सुराशीं पट्टीमधून निघालेला सूर मिळे अशा बेतानें, मोठ्या चाकाची दांडी धरून त्याला फिरवावें. चाकाला बेताची गति आली ह्मणजे त्याचप्रमाणें त्यास एक दोन मिनिटेंपर्यंत फिरवीत असावें. धाकट्या चाकाला घडियाळ अडकवावें ह्मणजे तें चाक फिरण्यास आरंभ झाल्यापासून पट्टीवर किती ठोके बसले ते तें दाखवील. आपण मोठे चाकास फिरवीत राहून दुसऱ्या एका मनुष्यास घडियाळ पहाण्यास सांगितलें, आणि त्यानें एका मिनिटाचे आरंभीं व शेवटीं या घडियाळाचा कांटा कोठें होता तें पाहिलें, ह्मणजे झालें. कल्पना करा कीं, त्या मनुष्यानें एका मिन्युटांत ६०,००० फटके बसतांना मोजिले, तर या हिशेबानें दर सेकंदास १००० ठोके बसले असें झालें. यावरून तुह्मास असें कळलें कीं जो सूर त्या पट्टींतून निघत होता, तो दर सेकंदास १००० फटके या बेताचा होता.

८५. **आवाज पोंचविण्यास वातावरण पाहिजे.**— पातेल्यावर टोला मारला ह्मणजे त्यापासून पातेल्याला कंप उत्पन्न होतो. या कंपापासून वातावरणांत लाटा उत्पन्न

होतात, त्या लाटा कानांत येऊन पोंचल्या ह्मणजे आपणास आवाज ऐकूं येतो, असें मागें सांगितलेंच आहे; तेव्हां तुमच्या सहज लक्षांत येईल कीं, आवाज ऐकूं येण्यास मध्यें वातावरण असलेंच पाहिजे. कारण, तें जर नसलें तर पातेल्यापासून कानापर्यंत लाटा कशा येऊन पोंचतील?

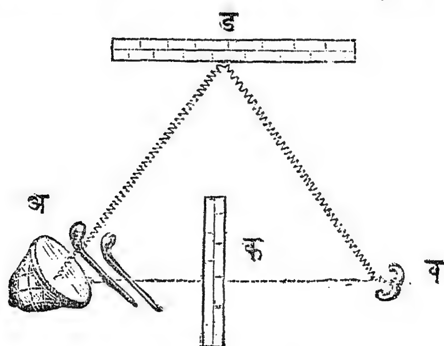
प्रयोग ३९ वा.—वाताकर्षक यंत्राच्या तबकडीवर आपण हें कांचेचें उभें नळकांडें ठेवूं. ह्या नळकांड्यावर जें ढांपण आहे त्याला ही घांट अडकाविलेली आहे. ही वाजविण्याचें साधन हें ढांकणांतच आहे. ही पहा त्या साधनानें मी आंतली घांट वाजवितों. ह्या नळकांड्यांतला वायु काढून मग तिला वाजवून पाहूं. वायु निघाल्यावर कां बरें ती वाजत नाहीं, ठोका तर पडतो आहे? पडतो खरा, पण आंतला वायु निघून गेल्यामुळें घांटेच्या कंपापासून लाटा उत्पन्न होण्यास कांहीं साधन राहिलें नाहीं. ह्मणून पदार्थापासून लाटच जर उत्पन्न झाली नाहीं तर ती कानापर्यंत येऊन कशी पोंचणार, आणि आवाज तरी कोठून होणार?

८६. **ध्वनीचा वेग.**—तोफ सुटतांना पुष्कळांनीं पाहिली असेल. आपण दूर असलों ह्मणजे तोफ सुटतांच तिचा आवाज ऐकूं येत नाहीं कांहीं वेळानें मागून ऐकूं येतो, तेव्हां आवाजाला एका ठिकाणांतून दुसरे ठिकाणीं जावयास वेळ लागतो हें स्पष्ट आहे. वातावरणांतून तोफेचा आवाज एका सेकंदांत सरासरीनें ११४० फूट लांब जातो. तुमच्यापासून एक मैलाच्या अंतरावर जर तोफ आहे, तर तिचा आवाज तुमच्यापर्यंत येऊन पोंचण्यास सुमारें साडेचार सेकंद लागतील. ढगांमध्यें वीज चमकली आणि पुढें पांच

सेकंदांनीं गडगडाट ऐकूं आला, तर ते ढग आपल्यापासून एका मैलाहून कांहीं अधिक अंतरावर आहेत असें समजावें.

ज्याप्रमाणें आवाज हवेंतून जातो त्याचप्रमाणें तो दुसऱ्या पदार्थांतूनही जातो, मात्र त्याची त्वरा उणी अधिक असते. हवेपेक्षां पाण्यांत तो चौपट जलद चालतो. लोखंडांतून, व लांकडांतून फारच त्वरेनें चालतो. कित्येक लांकडांतून तो वायूचे १६ पट जलद चालतो.

८७. **प्रतिध्वनि.**—पदार्थांपासून आवाजाची लाट निघाली ह्मणजे एकदां ती सरळ मार्गानें आपले कानांत येऊन पोंचते. नंतर ती फैलावत जात असतांना तिचे मार्गांत डोंगर किंवा भिंत या प्रकारचा अडथळा आला ह्मणजे ती त्यावर आपटून पतनाइतक्याच कोनानें परत फिरते आणि तेथून पुनः आपल्या कानांत शिरून ऐकूं येते. एथें सरळ ऐकलेल्या आवाजाला **ध्वनि** ह्मणतात, आणि अडथ-



आकृति ३० वी.

ळ्याकडून ऐकलेल्या आवाजाला **प्रतिध्वनि** असें नांव देतात.

देवळाच्या घुमटदार गाभाऱ्यांत याचा अनुभव पुष्कळांस आलेला असेल.

एकादे स्थळीं अशी गंमत होते, कीं **अ** ठिकाणीं ताशामर्फ्यांचा गजर होत असून आपण **ब** ठिकाणीं असल्यामुळें तो आपणास **अब** ह्या सरळ मार्गानें ऐकूं येतो. ह्या आवाजाची लाट **ड** स्थळीं भिंत असून तिकडेही जाते, आणि पतनाइतक्या कोनानें तेथून परतून **ब** स्थळीं येते. ह्मणून हा आवाज आपणास **डब** मार्गानेंही ऐकूं येतो. एथें पहिल्या आवाजाला ध्वनि व दुसऱ्याला प्रतिध्वनि ह्मणतात. **अ** आणि **ब** ह्या ठिकाणांमध्यें जर भिंतीचा किंवा घराचा प्रतिबंध असला तर मूळ ठिकाणचा ध्वनि ऐकूं न येतां अडथळ्याच्या ठिकाणापासून प्रतिध्वनिच ऐकूं येतो तेव्हां भलतीकडेच गजर होत आहे अशी भ्रांति होते.

८८. आवाजाचें कर्तृत्व.—आवाज मोठा झाला ह्मणजे त्याचे दणक्यानें कधीं कधीं कानटाळीं बसतात. कधीं कधीं खिडक्या हदरून त्यांचीं भिंगें फुटतात. आवाज कर्कश किंवा बदसूर असला ह्मणजे त्यापासून त्रास उत्पन्न होतो, पण मंजूळ सुस्वर असला ह्मणजे ऐकणारास आनंद होतो.

उष्णता.

८९. उष्णता व प्रकाश ह्मणजे काय?—पहिल्यानें मागच्या प्रकरणांत, आवाज ह्मणजे काय, याच प्रश्नाचें उत्तर काय मिळालें तें मनांत आणा. आवाज ह्मणजे वातावरणांतल्या लाटा. या लाटा कशानें उत्पन्न झाल्या? तर कंपित पदार्थांचे वातावरणावर जे फटके बसतात त्यांच्या योगानें झाल्या.

आतां घांटेचा नाद असें जेव्हां आपण ह्मणतों, तेव्हां **नाद** ह्मणून कांहीं एक पदार्थ आहे तो घांटेंतून निघून आपल्या कानांत शिरतो, असें आपण मनांत आणीत नाहीं. नाद हा पदार्थ नाहीं हें आपण पक्कें जाणतों. घांटे-मध्यें कंप उत्पन्न होतो, त्यामुळें वातावरणांत लाटा उत्पन्न होतात, त्या लाटा आपले कानांत शिरतात, आणि आप-णास घांटेचा नाद ऐकूं येतो. तर मग घांटेचा नाद ह्मणजे **घांटेंतला कंप** असें म्हणावयास चिंता नाहीं घांटेंत केवढाही मोठा कंप असला तरी त्यानें तिचें वजन तिळमात्र तरी वाढेल काय ? नाहीं वाढावयाचें. कारण, कंप अगर नाद हा पदार्थ नव्हे. घांटेंतील कणांचा एक प्रकारचा व्यापार आहे. आतां हीच गोष्ट आपण उष्ण किंवा प्रकाशित अशा पदार्थांस लागू करून पाहूं.

९०. उष्णतेनें व प्रकाशानें पदार्थांचें वजन वाढत नाहीं. एक लोखंडाचा गोळा विस्तवांत घालून कितीही तापविला किंवा सतेज केला, तरी त्या तप्ततेनें किंवा ते-जानें त्याचें वजन वाढत नाहीं, तेव्हां तप्तता किंवा तेज यांच्यांत वजन नाहीं असें स्पष्ट होतें. आणि वजन जर नाहीं तर हे द्रव्यघटित पदार्थ नाहींत. तर मग तप्तता व तेज हीं पदार्थांच्या कणांचे कंपासारखेच कांहींतरी व्यापार असले पाहिजेत.

९१. हल्लीं युरोपखंडांतील पंडितांचें असें मत आहे कीं, नाद ऐकूं येण्यास ज्याप्रमाणें लाटा उत्पन्न व्हाव्या लागतात, त्याचप्रमाणें तप्ततेचा किंवा तेजाचा अनुभव येण्यास लाटाच उत्पन्न व्हाव्या लागतात. भेद मिळून

इतकाच कीं ह्या लाटा वातावरणांत उत्पन्न होत नाहींत, तर **ईथर** या नांवाचें वातावरणापेक्षांही अतिशय विरल असें एक सर्वव्यापी द्रव्य आहे, त्याच्यामध्यें ह्या लाटा उत्पन्न होतात. ह्या लाटांचें ज्ञान आपल्या स्पर्शेंद्रियास उष्णतेचे रूपानें होतें आणि डोळ्यास प्रकाशाचे रूपानें होतें.

९२. **देखतभूल.**—हा विषय पुढें चालविण्यापूर्वीं देखतभुलीविषयीं कांहीं सांगितलें पाहिजे. कारण, देखत भुलीनें फसून आपण भलतीच कल्पना करणें हें योग्य नाहीं.

प्रयोग ३३ वा.—हातांत एक जळतें कोलीत घेऊन तें डोळ्यांसमोर जलदीनें चक्राकार फिरवा, ह्मणजे तुमच्या समोर तुह्मास तेजाचें कडें दृष्टीस पडेल. ही देखत भूल सुरापेक्षांही चमत्कारिक आहे. कारण सतत भासणारें सुरांत खंडें तरी पुष्कळ असतात, पण ह्या कड्यांत जळतें कोलीत हें एकच ठिकाणीं असतें, तरी जलद फिरल्यामुळें त्याचा भास सर्व कडेंभर होतो. आतां विण्याची तार मध्यें धरून अलीकडे ओढून सोडून द्या. ह्मणजे तार हेलकावूं लागेल, आणि तिच्या हालण्याच्या जलदीमुळें ती तुह्मास जागजागीं पट्टीसारखी रुंदावलेली दिसूं लागेल. ती तार खरोखर रुंदावत नाहीं, त्याप्रमाणें भास मात्र होतो. अंतरावरून आपण कापड पहातों तेव्हां त्यांतील दोरे आपल्या दृष्टीस पडत नाहींत, एकसारखा तवा दृष्टीस पडतो, परंतु ही देखतभूल आहे. तेंच कापड तुह्मीं डोळ्यांच्या जवळ आणाल तर त्यांतील उभे आडवे दोरे व दोरांमधलीं भोंकें तुमच्या दृष्टीस पडतील.

हीच पहा केवढी देखतभूल कीं घांटेचा नाद ह्मणजे

घांटेचें अगर वायूचें कंपन असें आपले मनांत कधींही येत नाहीं, आणि वास्तविक रीतीनें पाहूं गेलें असतां नाद आणि कंप यांत कांहीं भेद नाहीं. डोळ्यांस जो **कंप** तोच कानांस **नाद**, व्यापार एकच आहे. त्याचप्रमाणें इथरमधले कण अति त्वरेनें हालत असले ह्मणजे त्यांचें कंपन हें स्पर्शेंद्रियांस उष्णतारूपानें भासतें, आणि डोळ्यांस तेज या रूपानें भासतें.

९३. उष्णतेनें पदार्थ प्रसरण पावतात.—पदार्थ तापविले असतां ते बहुतकरून प्रसरण पावतात, ह्मणजे फुगतात. याचा अनुभव घेण्याकरितां एक दृढ, एक पातळ, आणि एक वायुरूपी, असे तीन पदार्थ आपण घेऊं, आणि त्यांस तप्त करून पाहूं.

प्रयोग ३४ वा.–कांब व मान.–धातूची काब बरोबर एकमान लांबीची घ्या, अग्नींत घालून खूप तापवा आणि दुसरा भाग आंखलेल्या एकमानाच्या शेजारीं ठेवा, ह्मणजे तापवलेली कांब एकमानाच्यापेक्षां लांब वाढली आहे असें तुमच्या दृष्टीस पडेल. तापवलेली कांब थंड झाली ह्मणजे पुन: दुसरे कांबीला लावून पहा, ह्मणजे तिची लांबी पूर्ववत् झाली आहे असें दृष्टीस पडेल. हें प्रसरण ढळढळीत लक्षांत यावयासाठीं थंड झालेली कांब जींत जुस्त बसेल अशी धातूची खोबण घेऊन तींत तापवलेली कांब घालून पहा. ह्मणजे कांबीची लांबी वाढल्यामुळें ती खोबणींत शिरत नाहीं असें स्पष्ट दिसून येईल.

आतां धातूचा एकमान लांबी रुंदी जाडीचा घन घेऊन तो सेंतिग्रेदचे १००° उष्णतेपावेतों तापविल्यानें

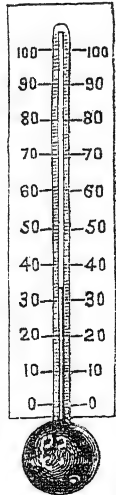
त्याची प्रत्येक बाजू १.००००१ झाली, तर $१.००००१^{३}$ = १.००००३ सुमारें येतात. ह्यावरून घनफळाची वाढ एका बाजूंतील वाढीच्या ३ पट सुमारें होते असें ठरतें. हा सुमार बहुतेक अंशीं खरा असून जागोजाग उपयोगीं पडणारा आहे ह्मणून लक्षांत ठेवा.

प्रयोग ३५ वा.—जिच्या शेवटीं कांचेचा फुगा आहे अशी एक कांचेची बारीक नळी घ्या, आणि तींत पाणी भरून तो गोळा दिव्यावर धरा, ह्मणजे पाणी जसजसें तापत जाईल तसतसें तें नळींत वर चढतांना तुमच्या दृष्टीस पडेल. उष्णतेच्या योगानें पाणी व कांच हीं दोन्ही वाढतात, परंतु कांचेंपेक्षां पाणी फार वाढतें ह्मणून तें नळीमध्यें चढतांना दिसतें. पाण्याला वाढण्यास जर गोळ्यावर नळी नसती तर त्यानें त्या गोळ्यास फोडून टाकिलें असतें.

प्रयोग ३६ वा.—हा एक कातड्याचा फुगा रिता घेतला आहे. ह्यांत दोन भाग वारा फुंकून एक भाग रिकामा ठेवितों. आणि विस्तवावर उंच धरून ह्यास तापवायास लागतों. हा जळूं नये ह्मणून ह्यास वाटोळा वाटोळा विस्तवावर फिरवीत आहें. आतां हा कां बरें टमटमीत फुगला ! मघां तर चिमलेला होता. ह्याचें कारण असें कीं आंतील हवा तापून प्रसरण पावली, आणि मघाशीं जी रिकामी जागा होती ती तिनें भरून टाकली.

९४. उष्णतामापक यंत्र.—पदार्थ दृढ असोत किंवा पातळ असोत किंवा वायुरूपी असोत, उष्णतेच्या योगानें ते प्रसरण पावतात असें तुमच्या लक्षांत आलेंच आहे. आपल्या भोंवतालचे सर्व पदार्थ एकसारखे उष्ण नसतात,

एकच पदार्थ जरी घेतला तरी तो सर्व वेळ एकसारखा उष्ण नसतो. हवेमध्यें तिसऱ्या प्रहरीं जितकी उष्णता असते तितकी सकाळीं किंवा संध्याकाळीं असत नाहीं. उन्हाळ्या- इतकी उष्णता हिंवाळ्यांत अनुभवास येत नाहीं. आपण पिण्याकारितां जें पाणी घेतों तें थंड असतें. स्नानास घेतों तें गरम असतें. बरें, तुह्मास जर कोणी विचारलें, कीं प्यावयाच्या पाण्यापेक्षां स्नानाचें पाणी किती गरम आहे. थंडीच्या दिवसांपेक्षां उष्णकाळांतली हवा किती गरम असते? तर याचें उत्तर देण्यास तुह्माजवळ कांहीं साधन नाहीं. परंतु हें पहा माझ्याजवळ एक यंत्र आहे. या साधनानें मी वरील प्रकारचे प्रश्नांचीं उत्तरें देऊं शकेन. यास **उष्णतामापक यंत्र** ह्मणतात.



आ० ३१ वी.

हें उष्णतामापक यंत्र तुमच्या पुढें बाजूचे आकृतिरूपानें ठेवितों. या यंत्रा- च्या खालच्या बाजूस पाऱ्यानें भरलेला एक कांचेचा गोळा आहे. त्यापासून वर गे- लेली अशी एक कांचेची बारीक भोंकाची नळी आहे. त्यांत ३४° उंचीपर्यंत पारा च- ढलेला आहे, व त्यावरची पोकळी निर्वात आहे. अर्थात या नळीचें वरचें शेवट बंद आहे. ही कांचेची नळी एका धातूच्या पत्र्यावर बसवि- लेली आहे, आणि त्या पत्र्यावर नळीच्या शे- जारीं, आडव्या रेघांची रांग, वरपर्यंत लागत गेलेली आहे. खालच्या शेवटच्या रेघेवर शू- न्याची (०) खूण आहे, पुढें दर दाहावे रेघे-

वर १०, २०, ३०, याप्रमाणें १०० पावेतों अंक मांडले आहेत. हे अंश चटकन ओळखण्याकरितां त्यामधली दर पांचवी रेघ दुसऱ्या रेघांपेक्षां थोडी लांब काढलेली आहे. बहुतेक उष्णतामापक यंत्रांत रेघांचा क्रम शून्याखालीं कांहीं भागांपर्यंत, आणि १०० रांवर कांहीं भागापर्यंत नेलेला असतो. या आकृतींत ते भाग दाखविले नाहींत. आतां या यंत्रानें उष्णता कशी मोजतात तें सांगतों. ज्या पदार्थाची उष्णता मोजणें असेल, त्याच्या शेजारीं किंवा त्या पदार्थांत हें यंत्र घालून कांहीं वेळ ठेवावें, ह्मणजे त्या यंत्रांत पदार्थाची उष्णता शिरून, त्यांतल्या पाऱ्यास पदार्थाइतकें उष्ण करिते आणि यंत्रांतील पाऱ्याचें प्रसरण होऊन त्या बेतानें नळींत पारा उंच चढतो. ह्मणून पदार्थाची उष्णता किती अंश आहे तें नळींतील पाऱ्याचे उंचीचा अंक दाखवितो. हें यंत्र इतकें जलद आहे कीं त्याच्यावर तुमचें बोट जरी क्षणभर ठेविलें तरी त्याच्या उष्णतेपासून यंत्रांतील पारा वर चढतो, आणि त्यावरून थंड वाऱ्याची झुळूक जरी गेली तरी तेवढ्यानेंही नळींतला पारा उतरतो.

हें यंत्र एकदां स्नानाचे पाण्यांत कांहीं वेळ धरून तेथें नळींतला पारा किती उंचीवर जाऊन ठरतो तें मोजावें, आणि त्याचप्रमाणें तें यंत्र प्यावयाचे पाण्यांत धरून तेथें नळींतला पारा किती उंचीवर जाऊन ठरतो तें मोजावें, ह्मणजे तेच अंक त्या पाण्यांच्या उष्णता दाखवितील. त्यावरून पिण्याचेपेक्षां स्नानाचें पाणी किती गरम आहे हें लागलेंच लक्षांत येईल.

९५.—आतां कारागीरलोक उष्णमापक यंत्रें कशीं

तयार करितात तें पाहूं. एक सुईप्रमाणें बारीक व सारख्या भोंकाची कांचेची नळी घेऊन तिचें एक शेवट स्पिरित-लांप (अल्कहोलचा दिवा) ह्यावर धरून त्यास दुसरे शेवटा-कडून फुंकून फुगा आणितात. नंतर त्या नळीच्या उघड्या तोंडांतून तिच्या गोळ्यांत पाऱ्याची बारीकशी कणी घा-लून, तो गोळा स्पिरित लॅंपवर तापवितात. ह्या कृत्यानें त्या नळींतला वायु पातळ होऊन बाहेर जातो, आणि त्याचे जागीं पाऱ्याची वाफ होऊन भरते. नंतर त्या न-ळीचें मोकळें तोंड पाऱ्याच्या भांड्यांत बुडविलें ह्मणजे ती वाफ थंड होऊन तिचा पुनः पारा बनतो, व त्या रित्या (निर्वात) नळींत वातावरणाच्या दाबामुळें भांड्यांतला पारा भरतो. नंतर या पारा भरलेल्या नळीचें तोंड स्पिरित लॅंपवर धरितात. तेणेंकरून तोंडाजवळील पारा वाफेच्या रूपानें बाहेर जाऊं लागतो, ह्यामुळें बाहेरील वायु नळींत न शिरतां तेथील कांचेचा रस होऊन त्यानें तें तोंड बंद होतें. याप्रमाणें उष्णतामापक यंत्राची नळी तयार झाली, ह्मणजे एका पात्रांत कांहीं बर्फाचा चूर घालून तो वितळूं लागला ह्मणजे वर तयार झालेल्या नळीचा फुगा त्यांत बुडवितात. बर्फाच्या थंडीनें फुग्यांतला पारा थंड होऊन नळींत उतरूं लागतो. पारा उतरण्याचा बंद झाला, ह्मणजे त्या ठिकाणीं कांचेवर, कानशीनें बारीक खूण करितात. ही पाणी थिजण्याची किंवा बर्फ वितुळण्याची खूण झाली. आतां तें यंत्र बर्फांतून काढून त्यास आधणाच्या पाण्यांत बुडवितात. आधणाचें पाणी फार उष्ण असतें त्यामुळें यंत्रांतला पारा प्रसरण पावून नळींत

चढूं लागतो. तो चढण्याचा तेवढा चढला आणि वर जाण्याचा बंद झाला, ह्मणजे त्या ठिकाणीं कानशीनें दुसरी खूण करितात. ही खूण पाण्यास कढ येण्याची झाली. या दोन खुणांमधील अंतराचे शंभर भाग करून, त्यांवर मागें सांगितल्याप्रमाणें, दर दहावे भागावर १०,२०,३०, याप्रमाणें अंक लिहितात. या यंत्रास **शतभाग उष्णतामापक यंत्र** म्हणतात.

वर सांगितलेल्या यंत्रांत बर्फ ज्या ठिकाणीं वितुळतें त्या ठिकाणीं शून्य (०) मांडून पाण्यास कढ ज्या ठिकाणीं येतो त्या ठिकाणीं ८० हा अंक मांडिला म्हणजे त्याला **रूमरचें उष्णतामापक** म्हणतात. हल्लीं व्यवहारांत जीं उष्णतामापक यंत्रें आहेत, त्यांत बर्फ वितुळण्याचे जागीं ३२ आणि पाण्यास कढ येण्याचे जागीं २१२ असे अंक असतात, आणि ह्या दोहोंचे मध्यें १८० भाग केलेले असतात. या यंत्रास **फारनहैटचें उष्णतामापक** असें नांव आहे.

फ्रेंच लोकांनीं जीं दशांश परिमाणें दाखविणारीं मापें वजनें नाणीं वगैरे वहिवाटींत आणिलीं आहेत, तींच सांप्रत काळचे इंग्लिश विद्वान् शास्त्रीय विचारांत घेण्याला पसंत करतात, म्हणून त्यांच्याच रीतीनें ह्या पुस्तकांत फ्रेंचांच्या शतभाग उष्णतामापकाचा नमुना दाखविला आहे.

९६. पदार्थांच्या प्रसरणाविषयीं अधिक माहिती.–दृढ **पदार्थ थोडे वाढतात.**— उदाहरणार्थ लोखंडाची कांब १०० इंच लांब घेतली आणि तिला शून्य उष्णतेपासून १०० उष्णतेपर्यंत तापविली तरी ती १ दशांश इंचापेक्षां

थोडी अधिक इतकीच वाढते. जस्त सर्व धातूंत फार वाढतें. जस्त शून्यापासून १०० उष्णतेपर्यंत तापविलें तर १०० इंच लांबीला सरासरी पाव इंच वाढतें.

दृढ पदार्थांपेक्षां पातळ पदार्थ अधिक वाढतात.— दृढ पदार्थांच्या कांबीप्रमाणें पातळ पदार्थाचा खांब किती लांबेल हें पाहण्यासाठीं १०० घनइंच पाणी घेऊन तें जर शून्यापासून १०० उष्णतेपर्यंत तापविलें तर तें ४। घनइंच वाढतें. तितकाच पारा घेऊन तापविला तर १॥ घनइंच अधिक भरतो.

सर्व पदार्थांत वायुरूपी पदार्थ फार वाढतात.—वातावरणाचा वायु १०० घनइंच घेऊन १३६ घनइंचांचे फुग्यांत भरून त्यास शून्यापासून १०० उष्णतेपर्यंत तापविलें तर तो फुगा टमटमीत फुगतो, ह्मणजे ३६ घनइंचां इतका त्याचा आकार वाढतो.

येथें १०० घनइंचांनीं १ इंच रुंद १ इंच जाड व १०० इंच उंच, असा खांब दाखविला जातो. उष्णतेच्या प्रसरणांत हा प्रत्येक घनइंच लांबीकडे जितका वाढतो, तितकाच रुंदीकडे व जाडीकडेही वाढतो. ह्मणून वरील वाढीचा तृतीयांश घेतला, तर तो ह्या खांबाची उंचींतली वाढ दाखवील हें उघड आहे. ह्यावरून $\frac{४।}{३}$ = १॥ इंच सुमारें हा पाण्याच्या खांबाच्या १०० इंच लांबीची वाढ दाखवितो, आणि $\frac{३६}{३}$ = १२ इंच हे वायूच्या खांबाच्या १०० इंच लांबीची वाढ दाखवितात. ह्यावरून दृढ पदार्थांपेक्षां पातळ पदार्थ अधिक वाढतात, व त्यांपेक्षां वायुरूपी पदार्थ फारच अधिक वाढतात, असें ह्मटलें पाहिजे.

९७. **प्रसरणाच्या नियमाला अपवाद.**—दृढ पदार्थ तापविले ह्मणजे ते सर्व बाजूंनीं सप्रमाण वाढून आपला मूळचा आकार कायम राखतात असेंच साधारणतः आढळतें. तथापि खार, खडीसाखर, ओतींव धातु, शिरगोळ्याचे पाषाण, अशा बहुत पदार्थांमध्यें त्यांच्या बनावटीच्या वेळीं **पील्** (ह्मणजे पैलूदार खडे किंवा कण) जमत असतात. ह्या पीलूंना इंग्रजींत **क्रिस्तल्स** ह्मणतात. हे पील तापविले असतां वेगळाल्या बाजूस वेगळाल्या मानानें वाढतात, हा दृढपदार्थांच्या सप्रमाण वाढीचा अपवाद लक्षांत ठेविला पाहिजे.

दुसरें.—उष्णतेनें सर्व जातीचे पदार्थ प्रसरण पावतात असें वर सांगितलें, परंतु कितीएक पदार्थांस हा नियम लागू पडत नाहीं. बर्फ होण्याच्या संधीस ह्मणजे सुमारें ४ पासून ० अंशावर पारा येईपावेतों, थंडीनें पाणी आकुंचित व्हावें परंतु त्याचें आकारमान वाढत चाललेलें नजरेस येतें. कारण आकारमान वाढल्यानें हलकें होऊन तें पाणी व बर्फ खालच्या पाण्यावर तरंगूं लागतें. याचप्रमाणें **सुरमा** धातूचा रस निवून दृढ होऊं लागला ह्मणजे प्रसरण पावतो. सुरमा धातूचें या प्रकारचें वर्तन, छापखान्यांतले टाईप ओतणारे लोकांस, चांगलें हितावह झालें आहे. अक्षरांचें ठशांतून जस्ताचे टाईप ओतून काढतांना पहिल्यानें अक्षरांचे कोनकोंपरे चांगले निघत नसत, कारण जस्ताचा रस निवतांना आकुंचित होऊन त्या कोनकोंपऱ्यांत शिरत नसे. परंतु आतां जस्ताचा रस करितांना त्यांत थोडा सुरमा मिसळतात, त्यामुळें या मिश्रणाचा रस निव-

तांना प्रसरण पावून कोनाकोंपऱ्यांत चांगला शिरून बसतो, आणि टैपाचीं अक्षरें उत्तम प्रकारचीं निघतात.

४ भाग बिस्मथ, १ भाग शिसें, व १ भाग कथील, यांच्या मिश्रणापासून जी रोजची वितळणारी धातु बनते ती नेमलेल्या अंशांपुढें उष्णता वाढली असतां आकुंचित होते.

तिसरें.- दृढ पदार्थांचें प्रसरण खालच्या दर अंशास ज्या मानानें होतें त्यापेक्षां वरच्या दर अंशास अधिक मानानें होतें.

पदार्थांच्या प्रसरणास दुसऱ्या प्रकारचाही अपवाद दृष्टीस पडतो, परंतु तो खरा नाहीं, ती केवळ देखतभूल आहे. मातीमध्यें पाणी गेलें ह्मणजे ती फुगते, आणि तें उडून गेलें म्हणजे ती आकुंचित होते. कुंभारलोक ओले मातीच्या विटा करितात त्या उन्हानें तापविल्या ह्मणजे त्यांतील पाणी वाफ होऊन निघून जातें, आणि विटा लहान होतात. या ठिकाणीं हें जें आकुंचन दृष्टीस पडतें ती केवळ देखतभूल आहे असें तुमच्या लक्षांत आलेंच असेल.

उष्णतेनें पदार्थ प्रसरण पावतात, आणि थंडीनें आकुंचित होतात. या माहितीचा उपयोग गाडीचे कारखानदार लोकांस चांगला होतो. गाडीचीं चाकें तयार झालीं ह्मणजे त्यांवर धांवा चढवाव्या लागतात. पहिल्यानें या पट्ट्याचा घेर चाकाच्या घेरापेक्षां अमळ लहान घेतलेला असतो. नंतर या पट्ट्यासभोंवतीं गोंवऱ्या घालून त्यास खूप तापवितात. या तापविण्यामुळें तो पट्टा प्रसरण पावून चाकाच्या घेरांत बसण्यासारखा ढील होतो. त्यास याप्रमाणें बसविलें ह्मणजे लागलेंच त्याच्यावर थंड

पाणी ओतितात, त्यामुळें तो पट्टा निवून थंड झाल्यामुळें आकुंचित होतो आणि चाकाच्या सांगाड्यास घट्ट आंवळून धरितो.

९८. **पदार्थांची विशिष्टउष्णता किंवा उष्णताग्राहकशक्ति.**—पदार्थांच्या १ मान द्रव्याची उष्णता १° चढविण्याला जी उष्णता लागते, तिला त्याची विशिष्टउष्णता ह्मणतात, किंवा उष्णताग्राहकशक्ति ह्मणतात. उष्णता ग्रहण करण्याची शक्ति सर्व पदार्थांची सारखी नसते. जेवढ्या उष्णतेनें एक पदार्थ थोडके अंश तापतो, तेवढीनेंच दुसरा पदार्थ अधिक अंश तापतो. आपण दोनप्रहरीं नदीवर स्नानास जातों त्या वेळेस सूर्याचे उन्हानें जमीन व रेती हीं जितकीं तापलेलीं असतात तेवढें नदींतलें पाणी तापलेलें नसतें. तितक्यांत हरळीची जमीन मध्यें असली तर तीही तितकी तापलेली नसते. ऊन तर सर्वांवर सारखें पडतें, मग सर्व पदार्थ सारखे कां तापत नाहींत ? तर याचें कारण इतकेंच ह्मटलें पाहिजे, कीं सर्व पदार्थांची उष्णता ग्रहण करण्याची शक्ति सारखी नसते. पाणी व हरळी आपल्यावर आलेली उष्णता फार खातात, ह्यामुळें तीं कमी तापतात परंतु जमीन व रेती यांस तितकी खातां येत नाहीं यामुळें तीं फार तापतात.

जितक्या उष्णतेनें एक शेर पाणी एक अंश उष्ण होतें, तितक्या उष्णतेनें एक शेर लोखंड ९ अंश उष्ण होतें, व एक शेर जस्त ११ अंश उष्ण होतें, व एक शेर पारा किंवा सोनें ३० अंश उष्ण होतें.

प्रयोग ३७ वा.—आपण एक शेर वजन पारा घेऊन

त्यास ९२° उष्णतेपर्यंत तापवूं. नंतर त्यास एक शेर थंड पाण्यांत टाकूं. आपण ज्यास थंड पाणी ह्मटलें त्याच्यांत उष्णतामापक यंत्र टाकिलें तर तें ३० अंश उष्णता दाखवितें असें ह्मणा. आतां तो गरम झालेला पारा थंड पाण्यांत गेला ह्मणजे दोघांची उष्णता समान होण्यासाठीं तो थंड होईल आणि पाणी गरम होईल. हो असें झालें खरें. परंतु पाणी २ अंश मात्र गरम झालें, पारा ६० अंश थंड झाला, आणि दोघांचीही उष्णता आतां ३२ अंश झाली आहे. या ठिकाणीं काय झालें ? पाऱ्यामधून ६० अंश उष्णता निघाली ती पाण्यांत गेली खरी, परंतु तिनें पाणी २ अंश मात्र तापविलें. तेव्हां ज्या उष्णतेनें पाणी १° तापतें त्याच उष्णतेनें व तेवढाच पारा ३०° तापतो यावरून पाऱ्याची उष्णताग्राहकता पाण्याच्या $\frac{१}{३०}$ आहे असें ठरतें.

या विशेष प्रकारच्या उष्णता ग्रहण करण्याच्या शक्तीला विशिष्टउष्णता किंवा उष्णताग्राहक शक्ति असें नांव आहे. उष्णता एकाच मानाची असली, तर जे पदार्थ फार उष्णताग्राहक असतात ते कमी तापतात आणि जे पदार्थ कमी उष्णताग्राहक असतात ते फार तापतात.

या रीतीनें पाहूं गेलें ह्मणजे पाण्याची विशिष्टउष्णता किंवा उष्णताग्राहक शक्ति १ मानली, तर लोखंडाची $\frac{१}{९}$, जस्ताची $\frac{१}{११}$, पाऱ्याची $\frac{१}{३०}$, तेलाची $\frac{१}{२}$, धोंड्यांची $\frac{१}{६}$, आणि गंधकाची $\frac{१}{५}$, अशा ग्राहक शक्ति येतात.

९९. **रूपांतर.**—आपण मागें पाहिलें, कीं पदार्थ

जसजसे तापवावे तसतसे ते सर्व बाजूंनीं वाढतात, मग ते दृढ असोत किंवा पातळ असोत किंवा वायुरूपी असोत. परंतु या प्रसरणास मर्यादा आहे. कांहीं वेळ असें प्रसरण होत जातें खरें, परंतु पुढें त्या पदार्थांचें एकदम रूपांतर होतें.

प्रयोग ३८ वा.—विस्तवावर एका पळींत कांहीं शिसें तापत ठेवा. तें कांहीं वेळपावेतों आपलें दृढ रूप राखून तापत व फुगत जाईल खरें, परंतु पुढें त्यांतील थोडक्या थोडक्या कणांचें तें रूप जाऊन त्यांचा रस व्हावयास लागेल. या रसास आणखीं आंच देऊन तापविलें, तर तो रस आणखीं कांहीं वेळपर्यंत तापून विस्तृत होत जाईल, परंतु शेवटीं याची वाफ होऊन हवेंत उडून जाईल.

बर्फ, पाणी व वाफ, हीं तीन रूपें एकच द्रव्याचीं आहेत असें आपण जाणतों. खोबऱ्याचें तेल थंड झालें ह्मणजे गोठतें, थिजलेलें तूप तापविलें ह्मणजे पातळ होतें, व त्यांतून पुढें वाफा निघूं लागतात, या गोष्टी सर्वांच्या पाहण्यांत आहेत. यावरून असें स्पष्ट होतें कीं, पदार्थ तितका तापवितां मात्र आला पाहिजे, ह्मणजे तो घट्ट असला तर पातळ करितां येतो, व पातळ असला तर त्याची वाफ करितां येते. कितीएक पदार्थ मध्यें पातळ होतच नाहींत, एकदम वायुरूपांत जातात. लांकूड तापविलें तर त्याचा रस होत नाहीं, तें एकदम वायुरूपांत जातें.

पदार्थ घट्ट असले तर तापविल्यानें पातळ होतात, आणि पातळ असले तर तापविल्यानें वायुरूपांत जातात ह्मणून वर सांगितलें, त्याच्या उलट जर पदार्थ थंड केले तर

वायुरूपांतून ते पातळरूपांत यावे, आणि पातळ पदार्थ थंड केले तर त्याचे दृढ पदार्थ व्हावे असेंही ह्मटलें पाहिजे. विचार करून पाहिलें तर अशी गोष्ट झाली पाहिजे खरी, परंतु तसा अनुभव मात्र आपणास सर्व पदार्थांशीं येत नाहीं. परंतु असेंही ह्मटलें पाहिजे कीं, रूपांतर करण्यास जेवढी कमी उष्णता किंवा थंडी असली पाहिजे, तितकी उत्पन्न करण्याचें सध्या आपले आंगीं सामर्थ्य नाहीं ह्मणून तसा अनुभव आज आपणास मिळत नाहीं, परंतु यामुळें विचार खोटा होतो असें नाहीं. जें आज अशक्य आहे तें कदाचित कालांतरानें शक्य होईल.

तूप किंवा मेण पातळ करण्यास फार उष्णता लागत नाहीं, परंतु लोखंडाचा रस करण्यास फारच मोठी आंच द्यावी लागते. प्लाटिनं नांवाची एक धातु आहे तिचा रस होईल इतकी मोठी आंच देण्याचें साधन आपणास मिळालें नव्हतें, पण हल्लीं विजेचे योगानें त्या धातूचाही रस करितां येतो. थंडीच्या योगानें तूप थिजून घट्ट होतें, पाणी थिजून बर्फ होतें, पारा थिजून दृढ होतो, मात्र पारा थिजविण्यास त्याला ० उष्णतेखालीं ३९° इतका फार थंड करावा लागतो; परंतु अल्कोहोल दारू कितीही थंड केली तरी थिजत नाहीं, तसाच वातावरणाचा वायु हा कितीही थंड केला तरी तो थिजून घट्ट किंवा पातळ होत नाहीं.

पुढील कोष्टकांत कितीएक ओळखीचे पदार्थ दिले आहेत, व त्यांस वितुळण्यास किंवा त्यांचे रस होण्यास किती किती उष्णतेचें मान लागतें तेंही त्यांपुढें दाखविलें आहे.

कोष्टक.

पदार्थांचा रस होण्यास किती उष्णता लागते तिचें मान.

पदार्थ.	वितुळण्याची किंवा रस होण्याची इयत्ता.
लोखंड वितळून रस होतो	१५००° अंश उष्णतेवर.
सोनें ,, ,, ,, ...	१२५०° ,, ,,
रुपें ,, ,, ,, ...	१०००° ,, ,,
शिसें ,, ,, ,, ...	३२५° ,, ,,
कथील ,, ,, ,, ...	२३५° ,, ,,
बर्फाचें पाणी होतें ,, ...	०° ,, ,,
थिजलेला पारा पातळ होतो	-३९° ,, खालीं.

१००. थंडी या शब्दाचा अर्थ.—या उष्णतेच्या प्रकरणांत थंडी या शब्दाची योजना आह्मीं पुष्कळ वेळा केली आहे, त्याचा वास्तविक अर्थ काय. याचा आतां विचार करूं.

प्रयोग ३९ वा.—तुह्मी आपल्या पुढें तीन ग्लासें घ्या. एकांत बर्फानें थंड केलेलें पाणी घाला, दुसऱ्यांत प्यावयाचें पाणी घाला, आणि तिसऱ्यांत स्नानाकरितां तापविलेलें कडकडीत पाणी घाला. आतां पहिल्यानें तुमचें बोट बर्फाचे पाण्यांत कांहीं वेळ धरा आणि त्यास तेथून काढून प्यावयाचे थंड पाण्यांत बुडवा, ह्मणजे तुह्मांस तें पाणी गरम लागेल. आतां तेंच बोट कांहीं वेळ तापविलेल्या पाण्यांत बुडवा, आणि तेंच बोट पुनः प्यावयाचे पाण्यांत बुडवा, ह्मणजे तेंच पाणी तुह्मास थंड लागेल. आतां तुह्मास प्यावयाचें पाणी थंड कां गरम असें विचारलें तर काय उत्तर द्याल? असें द्याल कीं, बर्फाच्या पाण्यापेक्षां गरम, आणि स्नानाचे पाण्यापेक्षां थंड असें आहे. यावरून असें सिद्ध झालें कीं, जो पदार्थ दुसऱ्या पदार्थाशीं ताडला

असतां आपण गरम ह्मणतों, तोच पदार्थ तिसऱ्या पदार्थाशीं ताडला तर त्यासच आपण थंड ह्मणून ह्मणतों.

प्रयोग ४० वा.—आतां तुह्मास दुसरा एक प्रयोग करून पहावयास सांगतों. त्यावरून तुमच्या असें लक्षांत येईल कीं, ज्या पदार्थास तुह्मी थंड ह्मणून ह्मणतां तो गरम आहे, आणि गरम ह्मणून ह्मणतां तो थंड आहे. पहांटेस बाहेरची हवा थंड असते तेव्हां त्या थंड हवेंत घटकाभर फिरून घरीं परत या आणि हांड्यांतलें पाणी पिऊन पाहा, ह्मणजे तुह्मास तें पाणी गरम आहे असें वाटेल. दोन प्रहरांनंतर उन्हानें बाहेरची हवा तापली ह्मणजे त्या तापलेल्या हवेंत पुनः घटकाभर फिरून या आणि त्याच हांड्यांतलें पाणी पुनः पिऊन पहा, ह्मणजे तेंच पाणी आतां तुह्मास थंड लागेल. परंतु या हांड्यांतले पाण्यांत जर तुह्मी उष्णतामापक यंत्र घालून पहाल तर सकाळच्यापेक्षां तें तेव्हां अधिक गरम झालें आहे असें कळेल.

तर मग **थंडी ह्मणजे कमी उष्णता** इतकाच त्या शब्दाचा अर्थ समजावयाचा, उष्णता नाहीं असा समजावयाचा नाहीं. ह्मणून आपण जे पदार्थ थंड ह्मणून ह्मणतों ते उष्णच असतात. इतकेंच कीं कमी उष्ण असतात.

उष्णतामापक यंत्रांत बर्फ वितुळण्याची उष्णता शून्य ह्मणून लिहिलेली असते, पण ती खरोखर शून्य नसते. उष्णता खरोखर केव्हां शून्य होते हें ठाऊक नाहीं. बर्फापेक्षांही पदार्थ थंड आहेत ह्मणजे उणे उष्ण आहेत. परंतु कोणते उणे अंशावर त्यांतील उष्णता अगदीं नाहींशी होते हें अनुभवास येत नाहीं.

१०१. **अनुभूत आणि अननुभूत उष्णता.**—जमिनीवर जितकें मोटेंचें पाणी पडतें तितकें सगळें पुढें जात नाहीं. कांहीं जमिनींत मुरतें व बाकी राहील तें पुढें चालू होतें. त्याचप्रमाणें पदार्थावर जितकी उष्णता बाहेरून येते तिच्या-पैकीं कांहीं पदार्थांत मुरते, व ती उष्णमापक यंत्रास किंवा स्पर्शास समजत नाहीं, मुरून जी शिलक राहते तेवढी मात्र उष्णमापक यंत्रास किंवा स्पर्शास समजते. जी उष्णता मुरून स्पर्शास समजत नाहींशी होते ती अननुभूत झाली किंवा अदृश्य झाली असें ह्मणतात. आणि जी बाहेर राहिली ती उद्भूत आहे अगर दृश्य आहे असें ह्मणतात. बर्फाची उष्णता शून्य अंशापावेतों चढली ह्मणजे तें वितळूं लागतें. तसेंच पाण्याची उष्णता १००° पावेतों चढली ह्मणजे तें कढूं लागतें. हे दोन्ही व्यापार चालत असतां सगळी उष्णता अदृश्य होत असते. ह्मणून शून्य अंशाचें बर्फ व अननुभूत झालेली उष्णता मिळून शून्य अंशाचेंच पाणी होतें, आणि १०० अंशांचें पाणी व अननुभूत झालेली उष्णता मिळून १०० अंशांचीच वाफ होते.

१०२. **पाण्याची अननुभूत किंवा अदृश्य उष्णता.**—जर शून्य उष्णतेचें एक शेर बर्फ घेऊन तें १०० उष्णतेचे एक शेर पाण्यांत बुडविलें तर कांहीं वेळानें तें बर्फ सर्व वित-ळून जातें आणि पाणी दोन शेर होतें; परंतु या पाण्याची उष्णता ११ अंश मात्र उष्णतामापक यंत्रांत दिसून येते. तेव्हां बाकीची उष्णता काय होते त्याचा विचार केला पाहिजे. पूर्वी जें पाणी १०० अंश उष्ण असतें तें मिश्रणा-नंतर ११ अंश उष्ण राहतें तेव्हां त्यांतून ८९ अंश उष्णता

नाहींशी होते असें झालें. त्यापैकीं बर्फाचें जें पाणी होतें तें ११ अंश घेतें. बाकी ७८ अंश उष्णता कोठें जाते? तिचा खप बर्फ वितुळविण्याकडे होत असला पाहिजे, ह्मणजे ती बर्फाचे पाण्यांत अदृश्यपणें रहात असली पाहिजे. तेव्हां पाण्यांतून जी ८९ अंश उष्णता निघते, तिच्यापैकीं बर्फाचे पाण्यांत ७८ अंश अननुभूत होऊन बसते आणि बाकी ११ अंश त्या दोन शेर पाण्यांत उद्भूत रूपानें राहते, तेवढी मात्र उष्णतामापक यंत्रास समजते. यावरून बर्फाच्या पाण्याची अननुभूत उष्णता ७८ अंश असते असें समजतें.

१०३. **वाफेची अननुभूत उष्णता.**–बर्फाचें पाणी होतांना कांहीं उष्णतेचा खप त्याचें पाणी करण्याकडे होऊन तितकी त्यांत अननुभूत होते, त्याचप्रमाणें पाण्याची वाफ होण्याकडे पुष्कळ उष्णता खर्चून ती त्या वाफेंत अननुभूत होते. वाफेची अननुभूत उष्णता ५३७° आहे.

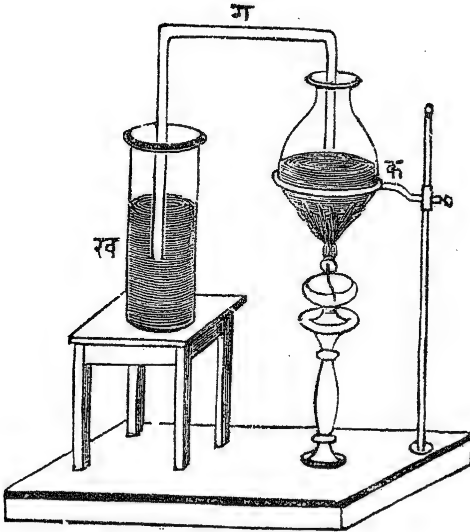
बर्फ जर तापविण्यास लागलें तर तें सगळें एकदम वितळून त्याचें पाणी होत नाहीं. जी उष्णता बर्फांत येते ती त्याच्या थोड्या थोड्या अंशास वितळविण्याकडे खर्चत जाते, यामुळें बर्फाचें पाणी होण्यास वेळ लागतो. याप्रमाणें सर्व बर्फाचें पाणी झालें ह्मणजे मग ती त्या पाण्यास तापवूं लागते. त्यापूर्वीं पाण्याची उष्णता ०° वर चढत नाहीं. असाच प्रकार पाण्याची वाफ होतांना घडतो. पदार्थास एका रूपांतून दुसऱ्या रूपांत जाण्यास वेळ लागतो ह्मणूनच बरें आहे. नाहीं तर स्वयंपाकी लोकांस अन्न वगैरे खाण्याचे पदार्थ शिजविण्यास फार पंचाईत पडली असती. कारण तांदूळ वगैरे शिजवितांना

पाण्यास कढ येण्याबरोबर, पाणी वर उडून जाऊन, तांदूळ कोरडे पडले असते. मग उन्हन उन्हन, पण स्निग्ध भात, किंवा भाजी किंवा भाकरी हीं विसरावीं लागतीं. सर्वांस कोरडें खणखणीत अन्न खावें लागतें. त्याचप्रमाणें थंडीच्या दिवसांत जें हिमालयावर बर्फ जमतें, त्याचें उष्ण काळांत एकदम पाणी झालें असतें, तर यमुना, भागीरथी, शरयु इत्यादि नद्यांस नुसता पूर येऊन राहिला नसता, सर्व उत्तर हिंदुस्तान वाहून गेलें असतें आणि तेथील प्रदेश ओसाड पडला असता.

१०४. बाष्पभवन.—बर्फ वितळून त्याचें पाणी व्हावयास लागलें, ह्मणजे त्यांत ७८ अंश उष्णता अननुभूत होऊन, त्याचें जें पाणी होतें तें शून्य उष्णतेचेंच होतें. त्याचप्रमाणें पाणी १००° उष्णतेपर्यंत तापविलें ह्मणजे त्यास कढ येऊन त्याची वाफ होतेवेळेस ५३७° अंश उष्णता त्यांत अननुभूत होते, तरी वाफ जी होते ती १००° उष्णतेचीच असते.

प्रयोग ४१ वा.—ही गोष्ट ताडून पाहण्यासाठीं पुढील आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें एका आंकड्यावर ठेविलेल्या **क** या कुपींत शून्य उष्णतेचें पाणी १ औंस घाला, व तिच्या बुचाच्या छिद्रांत **ग** ही वांकडी नळी घट्ट बसवा. या नळीच्या दुसऱ्या तोंडाखालच्या **ख** ग्लासांत शून्य उष्णतेचें पाणी ५$\frac{3}{4}$ औंस घाला. **क**चे खालीं एकसारखा जळणारा एक अल्कोहोलचा दिवा लावा, आणि तेव्हांपासून त्या कुपींतील पाण्यास कढ येण्याला किंवा तें पाणी १००° उष्णतेचें होऊन त्याची वाफ होऊं लागण्याला केवढा वेळ लागतो तो मोजा. ह्मणजे या वेळापासून त्याच्या ५$\frac{3}{4}$ पट वेळानें त्या सर्व पाण्याची वाफ होऊन **ग** नळीवाटे

ख ग्लासांत गेली, आणि तेथें ती पुनः पूर्वरूपांत येऊन त्या एकंदर पाण्याला कढ आला, असें अनुभवास येईल



आकृति ३२ वी.

क एकुपीच्या बुचाच्या दुसऱ्या छिद्रांत एक उष्णतामापक घट्ट बसविलें, आणि त्याच्या खालचा गोळा वर सांगितल्याप्रमाणें वाफ होतांना त्या वाफेंत ठेविला, किंवा त्याखालच्या कढणाऱ्या पाण्यांत बुडविला, तरी त्यांतील पारा १००° पेक्षां खालीं वर सरत नाहीं ही दुसरीही गोष्ट अनुभवास येईल.

आतां १ औंस पाण्याला अल्कोहोलच्या दिव्यापासून १ तासांत १००° उष्णता मिळाली आणि ह्याच दरानें

पुढें ५ ३/८ तास पावेतों उष्णता मिळत राहिली असा अनुभव आहे, तर ह्या उष्णतेचें मान १००°×६ ३/८=६३७° असलें पाहिजे. पैकीं १००° उष्णता १ औंस पाण्याच्या वाफेमध्यें अनुभूत (दृश्य) आहे, तर बाकीची ५३७° उष्णता तिजमध्यें अननुभूत रूपानें (गुप्त रूपानें) असलीच पाहिजे.

ह्या मानाचा उलट ताळा हवा असला तर ग्लासाकडे पहा. या ग्लासांत पूर्वींचें पाणी ५ ३/८ औंस आणि वाफेचें पाणी १ औंस असें ६ ३/८ औंस पाणी १००° उष्णतेचें आहे. पैकीं १ औंस पाण्याचे वाफेंत जी १००° उष्णता दृश्य होती ती त्याच्या पाण्यामध्यें येथें दृश्य आहे ह्मणून बाकीच्या प्रत्येक औंसांत १००° प्रमाणें ५ ३/८ औंसांत जी ५ ३/८ ×१०० =५३७° उष्णता नवीन आली कोठून तो शोध लावा ह्मणजे दिसून येईल कीं १ औंस पाण्याची वाफ होण्यांत जी ५३७° उष्णता अदृश्य झाली होती तीच येथें ५ ३/८ औंस पाण्यामध्यें वांटली जाऊन दृश्य होत आहे.

पाण्याची वाफ होण्यास तें १०० अंशपर्यंत तापून त्यास कढच यावयास पाहिजे असें नाहीं. पाणी थंड असो किंवा गरम असो, त्याची हळू हळू थोडी वाफ होऊन सदोदित हवेमध्यें जात असते. मात्र पाणी गरम असलें ह्मणजे ती अधिक जाते व थंड असलें ह्मणजे कमी जाते. पाणी बर्फाचे रूपांत असलें तरी त्यांतून थोडी थोडी वाफ होऊन वर जात असते. पावसाळ्यांत हवा स्निग्ध असते, तरी पाण्याची थोडी थोडी वाफ होत असते. असेंच उन्हाळ्यांत हवा फार रूक्ष असते ह्मणून पाणी तेव्हांच उडून जातें. हवेंत आपण धोतरें, चिरगुटें ओलीं वाळवावयास

घालितों, त्यांतील पाणी वाफेचे रूपानें उडतें ह्मणून तीं कोरडीं होतात. नद्या, तलाव यांतील पाणी उडून जातें हें सर्वांच्या पाहण्यांत आहे. अशा रीतीनें पाण्याची वाफ होऊन हवेंत जाण्यास बाष्पभवन असें नांव आहे.

वाफेविषयीं तुमची भलतीच समजूत असल्ये ती नीट केली पाहिजे. थंडीचे दिवसांत तलावांतले पाण्यावर जें धुरासारखें आलेलें दिसतें त्याला तुह्मी वाफ ह्मणतां. परंतु ती वाफ नव्हे, तें धुकें आहे. तसेंच थंडीचे दिवसांत तोंडांतून बाहेर श्वास टाकिला ह्मणजे बाहेर पडतांना जें दिसतें तें पण धुकेंच आहे. वाफ ही वायुरूपी अदृश्य पदार्थ आहे. ती थंड हवेंत आली ह्मणजे तिचें आकुंचन होऊन पाणी होतें. तें पाणी आपण धुक्याचे रूपानें पाहतों. महासागरांत सूर्याचे उन्हानें पाण्याची वाफ होऊन वर वातावरणांत जाते, त्या ठिकाणीं ती थंड होऊन तिचें धुकें होतें, आणि तेंच धुकें आपणास आकाशांत ढगांच्या रूपानें दिसतें, तेव्हां ढग हे पाणीच आहेत हें सांगावयास नको. ढगांपासून आपल्यावर पावसाची वृष्टि होते हें सर्वांस माहीत आहे.

१०५. **कढ येणें.**—पाणी तापत ठेवलें ह्मणजे त्यांत जी विस्तवापासून उष्णता येते ती दोन कामें पहिल्यानें करीत असते. जी वाफ आपणास पाण्यावरून वर येतांना दिसते, ती वाफ करण्याकडे कांहीं उष्णता लागते, व कांहीं उष्णता पाण्यास तापवीत चालते. याप्रमाणें पाण्याची उष्णता १००° होईपर्यंत चालते. याच्या पुढें उष्णतेचा सर्व व्यापार पाण्याची वाफ करण्यांत जातो, ह्मणून पाणी अधि-

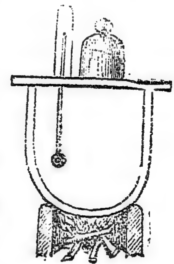
क तापत नाहीं. आणि त्याचे खालून, मधून, वरून सर्व ठिकाणांतून त्याची वाफ होऊं लागते. त्या वाफेचे बुडबुडे पाण्यांतून वर येऊं लागतात तेव्हां त्यांच्यापासून जो नाद निघतो त्यास आपण **कढ** ह्मणतों. त्याच कढाला प्रसंगविशेषीं खदखदणें, कडकडणें अशीं नांवें येतात.

पाण्यावर वातावरणाचा किंवा दुसरा दाब असेल त्याप्रमाणें पाण्यास कढ येण्याला उष्णता लागते. वरील दाब कमी झाला तर पाण्यास १००° ह्या इयत्तेच्या खालींच कढ येतो. दाब अधिक झाला तर १००° ह्या इयत्तेपेक्षां पाणी अधिक तापतें तेव्हां त्याला कढ येतो. समुद्रकांठीं वातावरणाचा दाब सुमारें ३० इंच उंचीचे पाऱ्याचे स्तंभाएवढा असतो, ह्मणून त्या ठिकाणीं भारमापक यंत्रांतील पारा ३० इंच उंचीवर असतो. त्या ठिकाणीं पाण्यास कढ येतो तेव्हां त्याची तप्तता १००° असते. महाबळेश्वर पर्वत समुद्राच्या पातळीवर. ४००० फूट उंच आहे. त्या ठिकाणीं वातावरणाचा दाब २६ इंचांपेक्षां जास्त असत नाहीं. त्या ठिकाणीं पाण्याची तप्तता ९६° अंश झाली ह्मणजे पाण्यास कढ येऊं लागतो. वाफेच्या यंत्रांत वाफ जोराची तयार करावी लागते, ह्मणून पाणी तापवावयाचें जें भांडें असतें तें जाड्या लोखंडी पत्र्याचें केलेलें असतें. हें भांडें चोहींकडून बंद असतें, फक्त यंत्रांतला दट्ट्या सारण्यास वाफेला एक नळींतून जाण्यास वाट ठेविली असते. भांड्याखालीं विलायती कोळसे पेटविलेले असतात, त्यांच्या योगानें भांड्यांतल्या पाण्याची जी वाफ होत्ये तिला बाहेर पडण्यास वाट नसल्यामुळें ती वरले बाजूस जमून

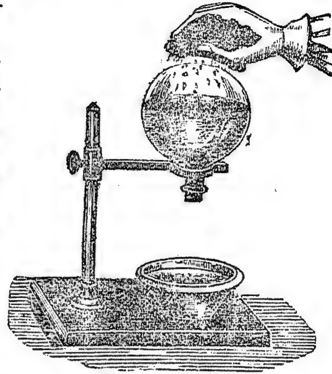
त्याच पाण्यावर अधिक दाब घालतें. याप्रमाणें पाण्यावरचा दाब वाढल्यानें आंतलें पाणी १००° पेक्षां अधिक तापतें तेव्हां त्यास कढ येतो, आणि वाफ अधिक तप्त असल्यामुळें तिलाही फार जोर आलेला असतो.

पाण्यावर अधिक दाब असला ह्मणजे त्यास कढ येण्यास अधिक तापवावें लागतें आणि कमी दाब असल्यास कमी तप्तता पुरते हें पाहाणें आहे तर पुढील प्रयोगावरून पाहा.

प्रयोग ४२वा.—एक धातूचें पात्र घेऊन त्यास विस्तवावर ठेवा; त्याच्यावर ढांकण एक तबकडी ठेवा. ही तबकडी पात्राच्या तोंडावर अशी बसती असावी कीं तिच्या फटींतून वाफेनें बाहेर येऊं नये. या तबकडींतून बाजूचे आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें उष्णतामापक यंत्राची नळी एक्या बाजूनें भांड्यांतल्या पाण्यापर्यंत पोंचलेली असावी. आतां पाणी तापूं लागलें ह्मणजे उष्णतामापक यंत्र वर चढूं लागेल. तें १००° वर जाऊन पोंचलें कीं भांड्यांतील पाण्यास कढ येऊन त्याची वाफ होऊं लागेल. आणि ती लागलीच तुमच्या दृष्टीस पडेल, कारण, ती आपल्या जोरानें ढांकणास उचलून बाहेर पडेल. आतां त्या ढांकणावर कांहीं जड वजन ठेवावें ह्मणजे तें वजन उचलून वाफेला बाहेर पडण्यास अधिक जोर करावा लागेल, ह्मणून आंतील पाण्यास कढ येण्यास अधिक तापावें लागेल, आणि ती तप्तता उष्णतामापक यंत्रांत पाहिली असतां १००° पेक्षां अधिक झाली आहे असें दिसून येईल.


आकृति ३३ वी.

प्रयोग ४३ वा.—एक कांचेची कुपी शेर किंवा अच्छेर पाणी मावण्याजोगी घ्या. तींत अर्धें अधिक पाणी घाला, आणि ती दिव्यावर धरून आंतील पाण्याला कढ येऊन, वाफ होईल तेथपर्यंत तापवा. ही वाफ कुपींतल्या वायूला बाहेर ढकलून देईल. नंतर ती कुपी दिव्यावरून काढून तिच्या तोंडांत एक घट्ट बूच बसवा. आतां



आकृति ३४ वी.

या कुपीला बाजूच्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें एका आधारावर उपडी ठेवा. पाण्यास कढ येण्याचा बंद झाला ह्मणजे एक थंड पाण्याचें ओलें फडकें घेऊन त्या कुपीवर पिळा, ह्मणजे, कुपींतल्या पाण्यास फिरून कढ येतांना दृष्टीस पडेल. आपल्या नेहमींच्या पाहण्यांत असें आहे कीं, पाण्यास तापवावें तेव्हां कढ येतो. या प्रयोगांत आपण कुपीवर थंड पाणी घातल्यानें कढ आला. हा काय चमत्कार? याची उपपत्ति अशी. कुपीवर पाणी ओतलें नव्हतें त्या वेळेस त्यांतील पाण्यावर आंत जी अदृश्य वाफ सांपडली आहे तिचा दाब पुष्कळ होता, आणि त्यामुळें पाण्याचा कढ बंद झाला होता. परंतु कुपीवर थंड पाणी घातलें तेव्हां त्या थंडीनें आंतील वाफेचें आकुंचन झालें, यामुळें पाण्यावरचा दाब नाहींसा झाला. दाब कमी झाल्यामुळें पाण्याला फिरून कढ आला.

१०६. रूपांतर होतांना पदार्थांचे आकारमानांत फेरफार होतात. दृढरूपांतून प्रवाही रूपांत पदार्थ जातात, तेव्हां यांच्या आकारमानांत फारसा फेर होत नाहीं. परंतु जो थोडासा होतो तो फार जोरानें होतो. पाणी थंडीनें थिजतांना संप्रसारण पावतें असें मागें सांगितलें. एखादें भांडें पाण्यानें तोंडोतोंड भरून त्याचें तोंड बंद केलें, आणि त्यांतल्या पाण्याचें बर्फ होईपर्यंत त्यास थंड केलें, तर भांडें कितीही जोराचें असो, त्यांतील बर्फ प्रसरण पावून त्यास फोडतें. पाण्याप्रमाणें लोखंडही दृढ होतांना प्रसरण पावतें. लोखंडाचा रस करून त्याचे पदार्थ ओतून काढतात, तेव्हां तें घट्ट होतांना फुगतें ह्मणून सांच्याच्या कोनाकोपऱ्यांत शिरून त्याच्याप्रमाणें पदार्थाची आकृति बनते. पण तांबें, सोनें, रुपें, ह्या धातूंचे रस घट्ट होतांना आकुंचन पावतात, त्यामुळें त्यांस सांच्याच्या कोनाकोपऱ्यांत शिरतां येत नाहीं. सोन्यारुप्याचीं पदकें, नाणीं, पुतळ्या, वगैरे नकशीचे पदार्थ बनवितात तेव्हां त्यांच्या चकत्या ठशांत घालून ठोकून आकार आणावा लागतो.

पातळ किंवा प्रवाही रूपांतून पदार्थ वायुरूपांत जातात, तेव्हां त्यांच्या आकारमानांत फारच विलक्षण फेर पडतो. एक घनइंच पाण्याचे वाफेला १७०० घनइंच जागा लागते.

१०७. उष्णतेचे सर्व व्यापार आकर्षणशक्तीच्या विरुद्ध आहेत. उष्णता ही या जगांत एक विलक्षण प्रकारची शक्ति आहे. जगामध्यें उष्णता नसती तर आकर्षणशक्तीनें सर्व पदार्थ एकेका ठिकाणीं जमून त्यांचे लहानमोठे गोळे

बनले असते, आणि जगांत आकर्षणशक्ति नसती तर उष्णतेनें सर्व पदार्थांची वाफ करून आकाशांत चोंहीकडे फेंकून दिली असती. या जगांत या दोनही शक्ति आहेत ह्मणूनच आपल्यापुढें नानाविध पदार्थ दृष्टीस पडत आहेत, आणि आपण नानाप्रकारच्या सुखदुःखांचा उपभोग घेत आहों.

उष्णतेपासून होणारे जे व्यापार त्यांतील मुख्य मुख्य व्यापारांची आतां आपणास थोडीशी माहिती झाली. सर्व पदार्थ उष्णतेच्या योगानें प्रसरण पावतात, त्यांचें रूपांतर होतें, ह्मणजे दृढ पदार्थ पातळ होतात, व पातळ असतात ते वायुरूपांत जातात. पदार्थ कितीही बळकट असोत, उष्णता त्यांस लोण्यासारखे मऊ करिते, पाण्याप्रमाणें पातळ करिते, अगर वायूप्रमाणें हलके करिते.

नानाप्रकारच्या धातु जमिनींत मृत्तिकेच्या रूपानें असतात, त्या आपण मृत्तिकेपासून वेगळ्या करितों, त्यांचे अनेक जातींचे पदार्थ व अनेक जातींचीं पात्रें हीं मनुष्याच्या सुखासाठीं तयार करितों, तीं सर्व उष्णतेच्या साहाय्यानें आपणांस करितां येतात.

रसायनव्यापारांत उष्णतेचा फार उपयोग होतो. जस्त आणि तांबें या धातु नुसत्या शेजारीं शेजारीं ठेविल्यानें त्यांचें मिश्रण होऊन त्यांपासून पितळ धातु होत नाहीं, त्यांत उष्णता जाऊन मिळावी लागते. तेल आणि वात हे दोन पदार्थ समईच्या वाट्यांत घातल्यानें त्यांपासून ज्योति उत्पन्न होत नाहीं. ज्योति उत्पन्न करण्यास त्या वातीला दुसरी ज्योति लावून उष्णता द्यावी लागते. ज्योति लाविली ह्मणजे वाती-

मधून जें तेल वर आलें असतें त्याचें तिचे उष्णतेनें पृथक्क-
रण होऊन, त्यापासून हैड्रोजन आणि क्यार्बान हे दोन वायु उत्पन्न होतात. त्यांशीं हवेंतला आक्सिजन मिळतो, त्यांचा रसायनव्यापार होतो, त्या व्यापारापासून आणखी उष्णता उत्पन्न होते, आणि तिनें आणखीं कांहीं तेलाचें पृथक्करण होतें. चाड्यांत तेल आहे तोंपर्यंत ह्याप्रमाणें व्यापार चालत असतो तो आपणास ज्योतीचे रूपानें दृष्टीस पडतो.

१०८. कितीएक रसायनामिश्रणांपासून उष्णता उत्पन्न होते, व कितीएकांपासून थंडी उत्पन्न होते. कळीचा चुना आणि पाणी हीं वेगळालीं असतात तेव्हां दोन्ही थंड असतात; त्यांस एकत्र केलें ह्मणजे तीं इतकीं तापतात कीं त्यांच्यांत बोट घालवत नाहीं. खाण्याचें मीठ आणि बर्फाचा चूर अशीं एकत्र केलीं तर तें मिश्रण बर्फापेक्षां अतिशय थंड होतें, ह्मणजे त्यांतली उष्णता पहिल्यापेक्षां पुष्कळ कमी होते. ही थंडी उत्पन्न होण्याचें कारण असें आहे कीं मीठ व पाणी यांमध्यें रसायनप्रीति फार आहे, आणि बर्फ हें पाणीच आहे ह्मणून त्या दोघांचें रसायन-मिश्रण होतें. आणि हें मिश्रण अतिशय खारट पाणी होतें. आतां बर्फास दृढ रूपांतून पातळ रूपांत जावयास पुष्कळ उष्णता अननुभूत करावी लागते, ती उष्णता त्या मिश्रणांत जी अनुभूत उष्णता असते त्या पैकीं घेतली जाते. ह्याप्रमाणें अनुभूत उष्णता कमी झाल्यानें सहजच पदार्थ थंड होतो.

उन्हाळे दिवसांत मातीच्या डेऱ्यांतलें पाणी तुह्मी प्यालां असाल. तें फार थंड असतें. धातूच्या भांड्यांतलें पाणी तेवढें थंड असत नाहीं. याचें कारण धातूचें भांडें फार दृढ

असल्यामुळें त्यांतलें पाणी त्याच्या रंध्रांतून बाहेर येऊन त्याचें बाहेरलें आंग भिजवीत नाहीं. परंतु डेऱ्यांतलें पाणी डेऱ्याबाहेरचें आंग सर्व भिजवून टाकितें. यामुळें बाष्पभवनाला पुष्कळ जागा होते. या पाण्याची वाफ होण्यास ५३७° उष्णता त्यांत अदृश्य व्हावी लागते. तेव्हां तेवढी उष्णता तें पाणी डेऱ्यांतले पाण्यापासून घेऊन जातें, यामुळें तें डेऱ्यांतलें पाणी थंड होतें. मुशाफरी करितांना आपण एखादे भर उन्हाचे वेळेस नदीवर विश्रांतीकरितां उतरतों. नदीचें पाणी उन्हानें गरम झाल्यामुळें प्यावयास सुख वाटत नाहीं, आणि आसपास तर थंड पाणी मिळत नाहीं, अशा वेळीं जर आपलें स्वच्छ धोतर पाण्यांत बुडवून तें तसें थबथबत असतांनाच वाऱ्यांत धरिलें तर त्यांतील कांहीं पाण्याला बाकीच्या पाण्यापासून उष्णता मिळून त्याची वाफ झाल्यानें बाकीचें पाणी थंड होतें. तें पाणी धोतर पिळून घ्यावें ह्मणजे पिण्याला थंड गार लागतें.

१०९. **उष्णतेचें वाहणें.**—उष्णता ही कधीं एके जागीं रहात नाहीं, सदोदित पसरण्याविषयीं उद्युक्त असते. एकाद्या उष्ण पदार्थाशीं दुसऱ्या सीत पदार्थाचा स्पर्श झाला असतां, उष्णपदार्थांतली उष्णता त्या सीत पदार्थांत शिरून त्यास तापवूं लागते, ह्यामुळें सीत पदार्थ तप्त होऊन उष्ण पदार्थ सीत होऊं लागतो.

उष्ण पदार्थाच्या स्पर्शानें अगर अग्नीच्या तापानें सीत पदार्थ तापूं लागले ह्मणजे त्यांचे सर्व भाग एकदम तापत नाहींत. ज्या भागीं उष्णतेचा संयोग असतो तो भाग प्रथम तापतो, तदनंतर त्याच्या शेजारचे भाग तापतात.

याप्रमाणें पुढें पुढें अनुक्रमानें पदार्थाचे भाग तापत जातात. विस्तवामध्यें लोखंडाची पळी घातली ह्मणजे पहिल्यानें तिचे विस्तवांतले भागीं उष्णता येते, नंतर तिचे दांड्यांत येते, अशा क्रमानें उष्णता वाहते ह्मणून सरशेवटीं तिचें दुसरें टोंक तापतें. पाण्यामध्यें ज्याप्रमाणें लाटा पसरत जातात त्याप्रमाणें पदार्थांत उष्णता पसरत जाते अगर वाहत चालते. कोणत्याही पदार्थांतून ज्याप्रमाणें उष्णतेला पुष्कळ अगर थोडें वाहतां येत असेल, त्याप्रमाणें त्या पदार्थाला उष्णतेचा **वाहक** किंवा **अल्पवाहक** अगर **अवाहक** ह्मणतात.

प्रयोग ४४ वा.—ही पहा माझ्या हातांत एक लोखंडी तार आहे. हिचें एक टोंक मी दिव्यावर धरितों. पहा तें तापून विस्तवाप्रमाणें लाल बुंद झालें आहे. इकडे माझ्या हातांत जें टोंक आहे तेंही तापत चाललें आहे. आतां तें फार तापलें, माझ्यानें हातांत धरवत नाहीं, तूं तरी धरून पहा. दिव्यांतली तप्तता त्या टोंकांतून तारेवाटे या टोंकांत आली आणि तशीच वाढतही गेली, नाहीं बरें?

प्रयोग ४५ वा.—आतां ही उदबत्ती मी दिव्यावर धरितों. पहा तिचे टोंकानें पेट घेऊन तें जळत चाललें आहे, तरी ती पाहिजे तितका वेळ मी हातांत धरीन. कारण गुलांतील उष्णतेस उदबत्तीवाटे पुढें जातां येत नाहीं.

११०. या दोन प्रयोगांवरून तुमचे लक्षांत वागलें असेल कीं कित्येक पदार्थ जलद तापणारे असतात. ह्यांच्यामध्यें उष्णता लवकर पसरते ह्मणून या पदार्थांस **उष्णतावाहक** ह्मणतात. लांकूड वगैरे पदार्थांवाटे उष्णता

वाहत नाहीं ह्मणून त्यांस उष्णतेचें अवाहक ह्मणतात. सर्व प्रकारच्या धातु उष्णतेच्या उत्तम वाहक आहेत ह्मणून त्या विस्तवांत घातल्या असतां लवकर तप्त होतात. धातूरूपी पदार्थांत दोन गुण आहेत, एक तर ते इतर पदार्थांपेक्षां भक्कम आहेत आणि दुसरें ते लवकर तापतात या दोन गुणांमुळें धातु फार उपयोगांत आले आहेत. स्वयंपाकाचीं, तापविण्याचीं, पाणी ठेवण्याचीं व वापरण्याचीं भांडीं बहुतकरून धातूंचीं असतात. आगीची गाडी किंवा दुसऱ्या कारखान्यांतील वाफेचीं यंत्रें धातूंचीं असतात. कारण आंतील पाणी लवकर तापतें आणि पाण्याची वाफ झाल्यावर तिचा जोर सहन करण्याची शक्ति धातूंच्याच आंगीं इतर पदार्थांहून अधिक असते.

१११. जे पदार्थ उष्णतेचे अवाहक किंवा अल्पवाहक आहेत, त्यांचाही व्यवहारांत उपयोग आहे. लोंकर, पिसें, लांकूड, कापूस, इ० पदार्थ लवकर तापत नाहींत. पाणी व वायु हीं देखील पाहूं गेलें तर उष्णतेचीं अल्पवाहक आहेत, परंतु वायु व पाणी वगैरे पातळ पदार्थ हे प्रवाही असल्यामुळें, त्यांच्या प्रवाहाबरोबर तापलेले कणास एका जागेंतून पाहिजे तितकें लांब दुसऱ्या जागीं जातां येतें, यामुळें ते उष्णतेस चोहींकडे फार लवकर पसरूं देतात. थंडीचे दिवसांत आपण लोंकरीचीं वस्त्रें किंवा कापसाच्या दुलया पांघरावयास घेतों. हीं वस्त्रें आंतील आंगाची उष्णता बाहेर पडूं देत नाहींत, आणि बाहेरच्या थंडीस आंत येऊं देत नाहींत, ह्यामुळेंच बाहेरच्या थंडीपासून आपला बचाव होतो. आपण या वस्त्रांस गरम वस्त्रें किंवा

गरम कपडे असें नांव देतों, तरी तीं वस्त्रें स्वतां गरम आहेत किंवा आपणास गरम कारितात असें समजूं नये. तीं बाहेरच्या थंडीस आपले आंगाला स्पर्श करूं देत नाहींत इतकेंच काय तें.

उष्णकाळाचे दिवसांत मुंबई, पुणें, इत्यादि मोठाले शहरांत, कितीएक श्रीमंत लोक बर्फानें पाणी थंड करून पीत असतात. हें बर्फ सावकार लोक अमेरिका किंवा उत्तर महासागर येथून आणवून सांठवून ठेवीत असतात. तें ज्या ठिकाणीं ठेविलेलें असतें त्या ठिकाणीं त्याच्या सभोवतीं लांकडाचा भूस, बुरणुस वगैरे उष्णतेच्या अवाहक पदार्थांचें वेष्टण असतें त्यामुळें त्याचें पाणी होऊन जात नाहीं. आतां लोंकरीस म्हणजे बुरणुसास गरम म्हणावें का थंड म्हणावें, लोंकर आंगावर घेतली म्हणजे बाहेरची थंडी आंत येऊं देत नाहीं, व बर्फासभोंवती गुंडाळली म्हणजे बाहेरच्या उष्णतेस आंत जाऊं देत नाहीं ह्याप्रमाणें ती नुसती उष्णतेची अवाहक आहे.

११२. **उष्णतेचें सहचलन अगर दुसऱ्या प्रवाहीशीं संयोग पावून त्याचें प्रवाहाबराबर जाणें.**—पाणी स्थिर आहे तोंपर्यंत त्यांतून उष्णतेला लवकर पसरतां येत नाहीं, परंतु त्यांत प्रवाह उत्पन्न झाला म्हणजे त्यावाटे तिचा फैलाव चोंहीकडे लवकर होतो.

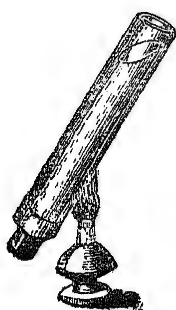
प्रयोग ४६ वा.—एक कांचेची लांब नळी घे, आणि तिचें खालचें तोंड बूच मारून बंद कर. त्या नळींत पाणी घालून वरील तोंड एक दोन बोटें खुलें राहील इतक्या बेतानें ती भर. नंतर ती नळी तिरपी धरून,

वर पाणी असेल त्या ठिकाणीं दिवा धरून, तापावयास लाग. ह्मणजे, वरचें पाणी तापून पाण्याची वाफ होऊन उडूं लागली, तरी नळीच्या तळाचें पाणी तापावयाचें नाहीं कारण, पाणी आणि कांच हीं दोन्ही उष्णतेचीं अवाहक आहेत, त्यांतून उष्णतेला पसरतां येत नाहीं.



आकृति ३५ वी.

प्रयोग ४७ वा.—आतां वरील नळी पुनः थंड पाण्यानें भर, आणि तोच दिवा खालच्या तोंडाजवळ धर. पहा दिवा जरी आपण खालीं धरिला आहे तरी वरचें पाणी उष्ण होऊं लागलें. कांच व त्यांतील पाणी हे दोन्ही पदार्थ उष्णतेचे अवाहक आहेत, असें मागील प्रयोगावरून दिसून आलें, त्याप्रमाणें ज्या ठिकाणीं दिवा धरिला आहे त्या ठिकाणचें मात्र पाण्यानें तापावें, तें वरचें पाणी काय ह्मणून तापूं लागलें? यास उत्तर हें कीं पाणी हा जर लांकडासारखा दृढ पदार्थ असता, तर खालचें तोंड तापल्यानें वरचें तोंड तापलें नसतें. परंतु पाणी हा प्रवाही पदार्थ पडला, यामुळें त्याचा खालचा भाग तापल्याबरोबर तो प्रसरण पावून हलका होतो, आणि हलका होतो ह्मणून वर येऊन त्या ठिकाणीं दुसरें थंड पाणी जातें. याप्रमाणें पाणी वाहूं लागतें ह्मणून त्याचे खालचे भागीं उष्णतेचा योग झाला



आकृति ३६ वी.

असतां तिला पाणीभर पसरत चालतां येतें. येथें पाण्याचे कणांशीं उष्णतेचा योग झाला ह्मणजे त्यासहवर्तमान ती पुढें जात चालते, ह्मणून ह्या व्यापाराला उष्णतेचें पाण्याशीं सहचलन होतें असें ह्मणावें. या गोष्टीचा विचार करून पहाल तर तुमच्या असें लक्षांत येईल कीं, पाणी, हवा इत्यादि जेवढे प्रवाही पदार्थ आहेत तेवढ्यांमधून उष्णतेला जातां येत नाहीं, तरी त्यांत शिरून त्यांच्या प्रवाहांबराबर तिला जातां येतें.

११३. पाण्याचे हौद, तलाव, नदींतले डोह, इत्यादिकांत पाणी स्थिर असतें, दोनप्रहरीं उन्हानें त्याचा पृष्ठभाग तप्त होतो, परंतु तप्त झाल्यामुळें तो हलका होऊन वरचे वरच राहतो. पाणी हें उष्णतेचें अवाहक असल्यामुळें वरील उष्णतेस खालचें पाणी तापवितां येत नाहीं, ह्मणून तें तसेंच थंड राहतें. बरें, फार थंडी पडली तरी वरचें पाणी गरम आणि खालचें पाणी थंड असेंच आढळतें, कारण थंडीनें पृष्ठभागाजवळचें पाणी थंड झालें तर तें जड होतें, आणि तें खालीं जाऊन त्याखालचें गरम व हलकें पाणी वर येतें. याप्रमाणें पाण्याच्या संचयांत नेहमी खालचें पाणी थंड आणि वरचें पाणी गरम असें आढळतें.

पाण्याची उष्णता जर सेंटिग्रेडचे 0° पासून $+4^\circ$ पावेतों असली, तर मात्र हा प्रकार उलट होतो. कारण, पाण्याची उष्णता सेंटिग्रेडचे 100° पासून $+4^\circ$ पर्यंत उतरत गेल्यानें तें आकुंचित होत जातें, पण तीच उष्णता $+4^\circ$ पासून 0° पावेतों उतरत गेल्यानें तें प्रसरण पावत

जातें, आणि बर्फ तर परम प्रसृत असतें. याप्रमाणें + ४° उष्णतेचेंच पाणी परम दृढ असतें ह्मणून तें तळाशीं राहून त्याहून कमी उष्णतेचें पाणी वर रहातें, त्याहून कमी उष्णतेचें पाणी त्यावर रहातें, व त्याच्याही वरतीं बर्फ तरंगतें. बर्फ उष्णतेचें अवाहक असल्यामुळें वरील थंडीला बर्फांतून पार जाऊन खालच्या पाण्यास थंड करण्यास कठीण पडतें, यामुळें त्याच्या खालचें पाणी गोठत नाहीं.

महासागराकडे पाहिलें तर पाण्याच्या प्रवाहाबरोबर होणाऱ्या उष्णतेच्या गमनाचीं उदाहरणें फार विस्तीर्ण प्रतींचीं सांपडतात. उष्णकटिबंधांत सूर्य डोकीवर येत असल्यामुळें तेथील पाणी फार तापतें. शीतकटिबंधांत सूर्य क्षितिजाजवळ असल्यामुळें तें तितकें तापत नाहीं, थंडच रहातें. उष्ण पाणी हलकें असल्यामुळें तें वरील बाजूनें शीतकटिबंधाकडे चालू होतें. शीतकटिबंधांतलें थंड पाणी जड असल्यामुळें तें खालून उष्णकटिबंधाकडे येऊं लागतें. महासागरांतील पाणी विस्तीर्ण असल्यामुळें त्यांत ह्या गोष्टीही विस्तीर्ण प्रतीच्या होतात, आणि त्यामुळें पाण्यांतील हे दोनही प्रवाह विस्तीर्ण प्रतीचे आढळतात.

११४. वातावरणांतही या प्रतीचेच विस्तीर्ण प्रवाह आढळतात. उष्णकटिबंधांतील हवा फार तापल्यामुळें हलकी होऊन वर जाऊं लागते, तिच्या जागीं शीतकटिबंधांतील थंड हवा येऊं लागते, आणि वर तापून गेलेली हवा वरल्या बाजूनें शीतकटिबंधांकडे चालू होते. या रीतीनें उत्तर व दक्षिण गोलार्धांत वायूचे मोठाले प्रवाह

चालू होतात. सूर्याचे उष्णतेनें जमीन जेवढी तापते तेवढें समुद्रांतील पाणी तापत नाहीं, आणि रात्रीं जमीन जितकी थंड होते, तितकें समुद्रांतील पाणी थंड होत नाहीं. या कारणानें दिवसास जमिनीवरची हवा उष्ण आणि हलकी झालेली असून समुद्रावरची हवा तिजपेक्षां थंड व जड असल्याकारणानें ती जमिनीवर येऊन तेथील हलके हवेला वर उडविते. असें होतें ह्मणून संध्याकाळीं समुद्राकडून जमिनीकडे खारा वारा येत असतो. रात्रीच्या वेळीं जमिनीवरची हवा थंड होते, आणि ती समुद्रावरचे हवेस वर उडवून देण्याकरितां तिकडे जाऊं लागते, ह्मणून पाहटेच्या प्रहरीं मतलईचा वारा जमिनीकडून समुद्राकडे जात असतो. अशाच रीतीनें आपल्या स्वयंपाकाच्या चुलींतून किंवा कारखान्याच्या भट्यांतून वारा तापून वर जात असतो, आणि बाहेरचा वारा खालचे बाजूनें चुलींत शिरत असतो.

१९९. **उष्णता व प्रकाश यांचें केंद्रोद्गम प्रसरण अगर फांकणें.**—तप्त पदार्थाशीं लागून दुसरे पदार्थ असले ह्मणजे त्यांत कोणत्या रीतीनें उष्णता प्रसरण पावते, तें आपणास समजलें. त्याच प्रमाणें तप्त पदार्थ प्रवाही असले ह्मणजे त्यांचे प्रवाहाचे द्वारें ती उष्णता दूरदूरचे पदार्थांस कशी पोंचते तेंही कळलें. आतां उष्णता व प्रकाश यांचे फांकण्याचा विचार करूं. अग्नीपासून प्रकाश व उष्णता हीं दोन्ही आपणास प्राप्त होतात. शेकोटीशेजारीं आपण शेकावयास बसतों, त्या वेळेस शेकोटीचा धग आणि शेकोटीचा प्रकाश हीं दोन्ही आपण दुरून अनुभवितों. पृथ्वी-

पासून सूर्य फार दूर आहे तरी त्याच्यापासून प्रकाश व उष्णता हीं दोन्हीं आपणास मिळतात, सूर्य अग्नि वगैरेंचे किरण त्या त्या केंद्रांत उगम पावून, गोलाच्या त्रिज्यांप्रमाणेंसभोंवतीं फांकत पसरत चालतात; ह्मणून ह्या प्रसरणाला केंद्रोद्गम प्रसरण अगर फांकणें ह्मणावें.

अग्नींत एक लोखंडाचा गोळा तापत ठेवला, तर तो तापूं लागेल. तो फार तप्त झाला नाहीं तेथपर्यंत त्याचे उष्णतेची वाढ आपणास बोट लावून पाहातां येईल. पुढें बोट लावावयास नको, गोळ्या शेजारीं हात नेला पुरे, कीं त्याचा धग हातास लागूं लागेल. याप्रमाणें तापतां तापतां तो अग्नीप्रमाणें देदीप्यमान होईल. पुढें त्याचे दीप्तींत पहिल्यानें लाल, मग पिंवळा, मग पांढरा असे रंग दिसत चालून शेवटीं तो सूर्याच्याप्रमाणें सतेज होऊन चमकूं लागेल.

सुरांचें ज्ञान कानांस होतें, त्याप्रमाणेंच उष्णतेचें ज्ञान आपल्या चामडीस होतें, व प्रकाशाचें ज्ञान आपल्या डोळ्यांस होतें. हे तीनही व्यापार एकाच जातीचे आहेत. ईथर मधली लाट चांबडीवाटे कळली ह्मणजे तिला आपण उष्णता ह्मणतों व डोळ्यांवाटे कळली ह्मणजे तिला प्रकाश ह्मणतों ह्मणून तप्तता ह्मणजे अदृश्य तेज, आणि तेज ह्मणजे दृश्य तप्तता, असेंही ह्मणतां येईल.

प्रकाश.

११६. प्रकाशाचे संबंधानें पदार्थांचे विभाग स्वप्रकाश व परप्रकाश असे दोन करितात. सूर्य, तारे, हे पदार्थ स्वप्रकाश होत. कारण त्यांपासून त्यांचे स्वतांचेच प्रकाशाचे किरण आपले डोळ्यांत येऊन ते आपणाला दिसतात. धोंडा, माती, लांकूड वगैरे पदार्थ परप्रकाश होत. कारण हे पदार्थ जेव्हां

सूर्याचे अगर दिव्याचे प्रकाशानें प्रकाशित होतात तेव्हां मग त्यांकडचे किरण आपल्या डोळ्यांत येऊन ते आपणाला दिसतात. ह्या कोणत्याही पदार्थापासून दुसरे पदार्थावर प्रकाशकिरण आले, ह्मणजे बहुधा त्यांचे तीन परिणाम होतात. पदार्थावरून कांहीं किरण परावृत्त होतात, कांहीं पदार्थांतून पार जाऊन दुसरे बाजूनें बाहेर निघतात, व कांहीं पदार्थांत अदृश्य होतात. या तीनही गोष्टींचा आपण थोडा थोडा विचार करूं.

सकाळीं सूर्योदय झाला ह्मणजे त्याचा प्रकाश चोहींकडे फांकून नद्या, नाले, पर्वत, घरें इत्यादि पदार्थांवर पडतो, आणि ते आपणास दिसावयास लागतात. रात्रीस दिवा लावला ह्मणजे त्याच्या प्रकाशानें भोंवतालच्या भिंती व जमिनीवरचे पदार्थ हे दिसूं लागतात. दिवा किंवा सूर्य किंवा दुसरा प्रकाश देणारा पदार्थ नसला तर चोहींकडे अंधार होतो, आणि आपणास जरी डोळे आहेत तरी त्यांचा कांहीं उपयोग घडत नाहीं. कदाचित् शेजारच्या पदार्थांस हात लावून स्पर्शानें कित्येक पदार्थांचें थोडें बहुत ज्ञान होईल, परंतु चोंहींकडे प्रकाश पडून तद्द्वारा जें आपणास ज्ञान होतें त्याची योग्यता स्पर्शाच्या ज्ञानास यावयाची नाहीं. पदार्थाचें ज्ञान आपल्या डोळ्यांस कसें होतें ह्मणाल तर पदर्थावर प्रकाश पडला ह्मणजे त्याचे किरण पदार्थावरचे दरएक बिंदूपासून केंद्रोद्गम प्रसरणानें फांकत चालतात. यांतून जे डोळ्यांत जातात त्यांनीं त्या पदार्थाची तेथें प्रतिमा बनते, आणि तेथें जे ज्ञानतंतु आहेत त्यांच्यावर व्यापार करूं लागते, त्यामुळें आपणास पदार्थांचें ज्ञान होतें. पदार्थांवरून आपल्या डो-

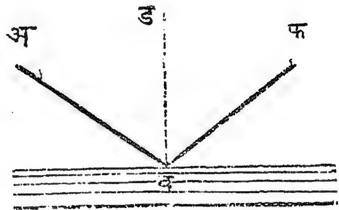
ळ्यांकडे जर किरण आले नाहींत तर त्या पदर्थांचें आपणास ज्ञान कसें होईल? दिवा किंवा सूर्य किंवा दुसरा प्रकाशित पदार्थ, यांच्या आड जर तुह्मी आपला हात किंवा दुसरा पदार्थ धरला, तर ते पदार्थ आपणास दिसत नाहींत. परंतु आड येणारे पदार्थ जर पारदर्शक असले तर पलीकडचे पदार्थ दिसण्यास हरकत पडत नाहीं. कांच, पाणी, हवा हे पदार्थ पारदर्शक आहेत, ह्मणून ते जरी मध्यें आले तरी दिसण्यास हरकत होत नाहीं.

कितीएक पदार्थ उष्णतेच्या किरणास आरपार जाऊं देतात. पण प्रकाशाचे किरणांस जाऊं देत नाहींत. कित्येक प्रकाश व उष्णता या दोहींच्याही किरणांस पार जाऊं देतात. सैंधव व गंधक, या पदार्थांतून उष्णतेचे किरण पार जाऊं शकतात, परंतु ते तेजास अपारदर्शक आहेत. हवा, पाणी, कांच, यांतून उष्णता व प्रकाश या दोहोंचेही किरण पार जाऊं शकतात.

११७. **किरणपरावर्तन.**—आपण एका पाण्याच्या संचयाजवळ गेलों ह्मणजे समोरचा सूर्य किंवा दुसरा डोंगर, झाड, घर, इत्यादि पदार्थ, पाण्याच्या पृष्ठावर जितका उंच असतो तितका त्या पृष्ठाखालीं उलटा दिसतो; हा अनुभव सर्वांस बहुतकरून असेलच. पाण्यांत जे पदार्थ दिसतात, त्यांस वरील पदार्थांचीं **प्रतिबिंबें** ह्मणतात. आरशामधून दिव्याचें प्रतिबिंब जर पाहिलें तर दिवा जितका आरशाच्या अलीकडे असतो तितकें त्याचें प्रतिबिंब त्या आरशाच्या पलीकडे दिसतें. हा सर्व प्रकार किरणपरावर्तनामुळें घडतो. किरण

पदार्थावर आले असतां त्यांचें परावर्तन कसें होतें तें पहाणें असल्यास पुढील प्रयोग करून पहावा.

प्रयोग ४८ वा.–एका अंधेर कोठडींत सूर्याचा कवडसा जमिनीवर येतो आहे अशा ठिकाणीं जा, आणि तो कवडसा ज्या ठिकाणीं जमिनीवर येत असेल त्या ठिकाणीं पाणी भरलेलें पात्र किंवा एकादा आरसा ठेवा, ह्मणजे त्याच्यावरून किरण परावृत्त होऊन दुसरे बाजूस कसे जातात हें तुमच्या दृष्टीस पडेल. बाजूचे आकृतींत **अब** मार्गानें उन्हाचा कवडसा येऊन **ब** ठिकाणीं आरशावर पडत असला, तर त्याचें परावर्त्तन **डबअ** इतक्या **डबक** कोनाच्या **बक** मार्गानें होतें. ह्मणजे आरशावर जितका तिरपा कवडसा येतो तितकाच तिरपा तो वर ककडे परावृत्त होतो. तसेंच आरशावरची लंबरेषा **बड**, किरणांची पतनरेषा **अब**, आणि त्यांची परावर्तनरेषा **बक** या तिन्ही एका पातळींत असतात. अंधाराचे खोलींतले जे बारीक बारीक केराचे कण कवडसा येण्याचे रेषेंत असतात, त्यांच्यावर प्रखर सूर्याचें तेज पडल्यामुळें, त्यांच्यावरून आपल्या डोळ्यांत अशाच परावर्तनानें सतेज किरण येतात. त्यांनीं त्यांच्या प्रतिमा नेत्रांतल्या ज्ञानतंतूंवर उमटतात आणि त्यामुळें ते आपणास दिसतात.

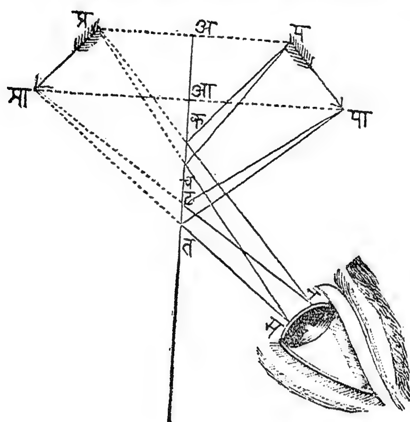


आकृति ३७ वी.

सपाट आरशांतील प्रतिमेचा नियम.—आरशाच्या

सपाटीपुढें जेवढ्या अंतरावर पदार्थ असेल तेवढ्याच अंतरावर त्या सपाटीमागें त्या पदार्थाचें प्रतिबिंब दिसावयाचें.

उदाहरणार्थ—**कत** ह्या सपाट आरशापुढें **पपा** हा तीर



आकृति ३८ वी.

आहे असें समजा. या तिराच्या प्रत्येक बिंदूपासून सभोंवार किरण जावयाचे. पैकीं जो किरणशंकु **प** बिंदूपासून निघून आरशाच्या **कच** भागापासून परावृत्त होतो तो **नम** बाहुलीच्या स्थळीं डोळ्यांत शिरतो असें घ्या. हा शंकु ठिपक्यांच्या रेषांनीं दाखविल्याप्रमाणें पुढें वाढविला तर **प्र** बिंदूंत समाप्त होतो. ह्मणून हा किरणशंकु **प्र** बिंदूपासून डोळ्यांत आल्याचा भास होऊन **प** बिंदूची भासमान प्रतिमा **प्र** बिंदूंत होते. अशाच रीतीनें जो किरणशंकु **पा** बिंदूपासून निघून या आरशाच्या **टत** स्थलापासून परावृत्त होतो तो **नम** स्थळीं डोळ्यांत शिरतो. ह्मणून

पा बिंदूची भासमान प्रतिमा **प्रा** बिंदूंत होते. ह्या रीतीनें **पपा** मधल्या एकंदर बिंदूंच्या प्रतिमा **प्रप्रा** मध्यें होतील. ह्या सर्व बिंदूंच्या प्रतिमा मिळून **पपा** या तिराचें भासमान प्रतिबिंब **प्रप्रा** होईल हें उघड आहे.

आतां या आरशाची सपाटी दाखविणारी रेषा **तक** ही वर वाढवा, आणि **पप्र** व **पाप्रा** सांधून त्यांच्या छेदांना **अ आ** हीं नांवें अनुक्रमें द्या. ह्मणजे दिसून येईल कीं परावर्तन नियम **प्रयोग.** ४८ व यु. १।१९ यांप्रमाणें अनुक्रमें—

< **अकप** = < **तकन** = < **अकप्र**

∴ < **पकच** = < **प्रकच**

तसेंच < **अचप** = < **तचम** = < **अचप्र**

ह्याप्रमाणें **पकच** व **प्रकच** या दोन त्रिकोणांत दोन कोन व अंतर बाजू समान आहेत ह्मणून यु. १।२६ प्रमाणें **पक** बरोबर **प्रक** आहे. तसेंच **अकप** व **अकप्र** या दोन त्रिकोणांत दोन बाजू व अंतरकोण समान आहेत ह्मणून यु. १।४ प्रमाणें **पअ** बरोबर **प्रअ** आहे व त्या **कत** सपाटीवर लंबरूप आहेत. ह्याप्रमाणें **पअ** व **प्रअ** हीं पदार्थाचा शेवटचा बिंदु व प्रतिमेचा शेवटचा बिंदु ह्यांचीं आरशापासून अंतरें असून तीं समान आहेत असें ठरतें. अशाच रीतीनें **पाआ** व **प्राआ** हीं पदार्थ व प्रतिमा ह्यांच्या दुसऱ्या शेवटच्या बिंदूंचीं आरशापासून अंतरें असून तीं समानच ठरतात. ह्याप्रमाणें वरील नियम सर्वांशीं खरा ठरतो.

ज्या बिंदूपासून किरणशंकु निघतो तो पदार्थाचा बिंदु व त्याच्या प्रतिमेचा बिंदु ह्यांना ह्या दर्शनशास्त्रामध्यें

पदार्थकेंद्र व प्रतिमाकेंद्र अशीं नांवें देतात. हीं केंद्रें आरशाच्या दोहों बाजूंस समान अंतरावर असावयाचीं. म्हणून—

फल १ लें.—पदार्थ केंद्रापासून आरशाच्या सपाटीवर लंब करून तो तितकाच पुढें वाढवावा म्हणजे त्याचा शेवट प्रतिमाकेंद्र दाखवील. तसेंच या प्रतिमाकेंद्रापासून डोळ्यांतील बाहुलीच्या वर्तुलापर्यंत रेषा कल्पाव्या म्हणजे त्या रेषा आरशाच्या सपाटीला ज्या वर्तुळांत छेदतील तें वर्तुळ पदार्थकेंद्रापासून निघणाऱ्या किरणशंकूचें परावर्तन स्थळ दाखवील.

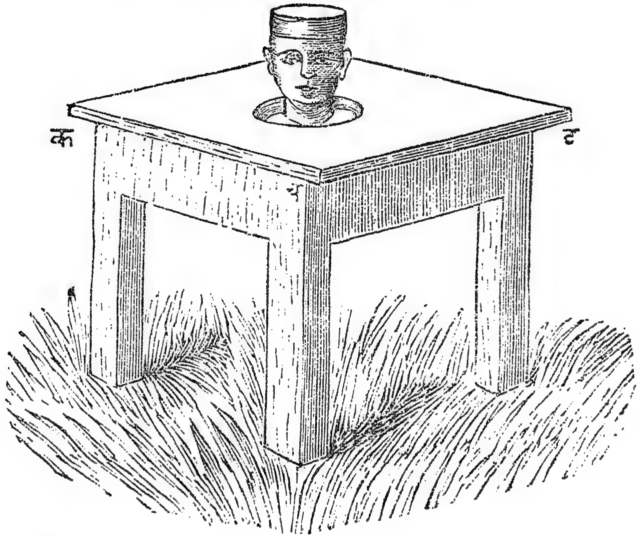
आरशामध्यें पदार्थाचें प्रतिबिंब दिसतें तसें प्रतिबिंबाचेंही प्रतिबिंब दिसलें पाहिजे. ह्यावरून—

फल २ रें—पदार्थाच्या बाजूस दोन आरसे काटकोनांत उभे केले तर प्रतिबिंबें ४ दिसतील. ते ६०, ४५, इत्यादि अंशांच्या कोनांनीं उभे केले तर प्रतिबिंबें ६, ८, इत्यादि दिसतील; व ते समांतर उभे केले तर प्रत्येकाचे मागें प्रतिबिंबांच्या परंपरा किंवा रांगा दिसतील.

आरसा जर जमिनीशीं ४५° चे कोनानें तिरकस उभा ठेवला, तर त्यांत त्या जमिनीचें प्रतिबिंब भिंतीप्रमाणें उभें दिसेल. अर्थात कांहीं माणसें जर या जमिनीवर लोळत असलीं तर तीं उभ्या भिंतीवर लोळत आहेत, असें त्या आरशांत दिसेल. कांहीं वर्षांमागें या देशांत जो भुतांचा खेळ आला होता, त्यांत भुतें भिंतीच्या उभ्या बाजूवर लोळत आहेत असें ह्याच रीतीनें दाखवीत असत.

११८. बाजूच्या **कचटत** ह्या चौकोनी टेबलाच्या **कच** व **चट** या दोन बाजूंच्या पायांमध्यें दोन आरसे उभे

बसविले, आणि **च** सांध्यासमोरच्या **पफ** रेषेंत व तिच्यामागें माणसें बसलीं, तर त्यांना **कच** व **चट** या तिर्कस आरशांमध्यें



आकृति ३९ वी.

त्यांचीं स्वतांचीं प्रतिबिंबें दिसणार नाहींत (प्र.४८); तरी त्या आरशांच्या पुढें पसरलेली सत्रंजी (किंवा गवत) टेबलाचे खालीं व मागेंही दिसेल. अर्थात एकादा मनुष्य जर ह्या आरशांच्या आड बसून **कट** टेबलामधल्या भोंकांतून डोकें वर काढील तर तें डोकें **कट** टेबलावरच ठेवलें आहे असें दिसेल. ह्याच रीतीनें मुंडक्यांचा खेळ, भुतांचा खेळ करणारे लोक दाखवीत असत, व हल्लीं हिकडचेही लोक जागजागीं दाखवीत असतात.

११९. देखतभूल.—आपण जेव्हां आपलें किंवा इतर पदार्थांचें प्रतिबिंब आरशांत पहातों तेव्हां तें पदार्थांप्रमाणें हुबेहुब दिसतें, परंतु त्यांत एका प्रकारची देखतभूल होत असते ती लागलीच आपले लक्षांत येत नाहीं. आपल्या समोर आपलेकडे तोंड करून दुसरा मनुष्य उभा राहिला तर त्याचा डावा हात, डावा पाय, डावा कान, डावा डोळा इत्यादि आपल्या उजवे बाजूसमोर असतात; आणि त्याचे उजवे बाजूकडचे अवयव आपल्या डाव्या बाजूसमोर असतात. परंतु आरशांत जें आपलेंच प्रतिबिंब आपले समोर उभें राहतें त्यांत आपले उजवे हाताचें प्रतिबिंब आपल्या उजवे हातासमोर असतें. मनुष्याच्या दोन्ही आंगांचें बहुतकरून साम्य असल्यामुळें हा फेरफार लवकर नजरेस येत नाहीं. ह्मणून तो अन्य पदार्थांचे संबंधानें मनांत आाणिला पाहिजे.

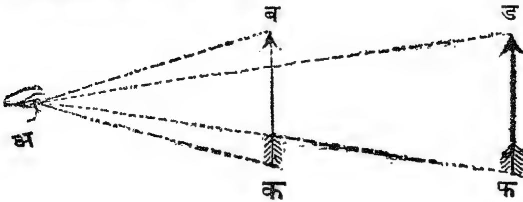
प्रयोग ४९ वा.—तुह्मी एका मोठे आरशासमोर उभे राहा. तुमचें पागोटें तुमच्या डावे कानावर झुकलेलें असूं द्या, तुमच्या उजवे कडेवर एका मुलाला घ्या, व डावे कडेवर एका मुलीला घ्या. आतां आरशांत तुमच्या समोर काय दृष्टीस पडतें तें पहा. आरशांत जो मनुष्य (तुमचें प्रतिबिम्ब) तुमच्या समोर उभा आहे त्याचें पागोटें उजवे बाजूस झुकलेलें आहे. त्याणें मुलगा डावे कडेवर घेतला आहे, आणि मुलगी उजवे कडेवर घेतलेली आहे असें तुमच्या नजरेस येईल.

एकादें लिहिलेलें पत्र जर तुह्मी आरशासमोर धरून त्याचें प्रतिबिंब आरशांत पडतें तें वाचावयास लागलां, तर

तें तुह्मांस वाचतां येणार नाहीं. त्याचीं सर्व अक्षरें उलटीं आहेत असें तुमच्या नजरेस येईल.

१२०. पदार्थाची जमीन जर साफ गुळगुळीत आरशासारखी असली, तर तिजवर येणारे समांतर किरण एकाच दिशेनें परावृत्त होऊन त्यांनीं पदार्थाचें प्रतिबिंब दिसतें; तीं जमीन खडबडीत असली, ह्मणजे तिच्या वर येणारे किरणाचें परावर्तन अनियमित रीतीनें चोहींकडे होऊन त्यांनीं प्रतिबिंब दिसत नाहीं.

१२१. **पदार्थांचा दर्शक कोन.**—पदार्थ आपल्यापासून जसजसा दूर जातो तसतसा त्याचा **दर्शक कोन** लहान होतो म्हणून तो पदार्थ लहान दिसूं लागतो. ही गोष्ट पुढील आकृतीवरून स्पष्ट होते.



आकृति ४० वी.

अ ठिकाणीं जर पाहाणाराचा डोळा आहे, आणि तो **बक** हा पदार्थ पाहतो आहे, तर **ब** पासून त्याचे डोळ्यांत येणारा **बअ** किरण आणि **क** पासून येणारा **कअ** किरण यांच्या मध्यें जो **बअक** कोन होतो, त्या कोनानें **बक** पदार्थ त्याला दिसतो. पण तोच पदार्थ **डफ** इतका दूर नेला म्हणजे तो **डअफ** कोनाइतकाच दिसूं लागतो, म्हणून **डअफ** कोन **बक** पदार्थाच्या जेवढ्या खंडावर होतो तेवढाच तो पदार्थ तेथें लहान दिसतो, याप्रमाणें पदार्थ जसजसा दूर

जातो, तसतसा त्याचा दिसण्याचा कोन धाकटा होत जातो आणि पदार्थ लहान दिसूं लगतो. वरील आकृतीवरून स्पष्ट दिसेल कीं, पदार्थाचें अंतर २:३ याप्रमाणें वाढलें तर ३:२ या त्याच्या उलट प्रमाणानें पदार्थाचीं मानें लहान व्हावीं इतका पदार्थ लहान दिसतो.

शेजारचीं मनुष्यें जितकीं मोठीं दिसतात तितकीं दूरचीं दिसत नाहींत. आपण सडकेवरून चालत असलों, ह्मणजे आपल्या समोरची सडक जसजशी दूर जाते तसतशी लहान होतांना दृष्टीस पडते. घरांतल्या खिडक्या एकासमोर एक अशा असल्या म्हणजे त्या पुढें पुढें लहान लहान होत जातात, हें चांगलें नजरेस येतें.

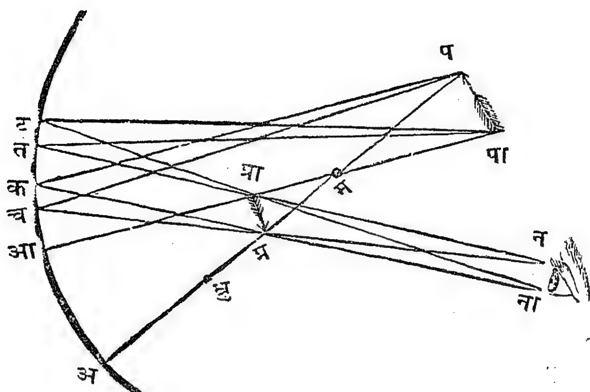
१२२. **गोलांतर व गोलबाह्य आरसे.**—कांचेचा पोकळ गोळा कापिला असतां, एकीकडून खोलगट व दुसरीकडून फुगीर असे तवे निघतात, ह्या तव्याप्रमाणें धातूचे तवे करून त्याची आंतली किंवा बाहेरची बाजू तोंड दिसण्याजोगी झिलईदार केलेली असते ह्यांना परावर्तक किंवा आरसे म्हणतात. असल्या ज्या आरशाचा तवा पाहणाराच्या बाजूनें ◡ असा उताण्या ढालीप्रमाणें खोलगट असतो त्याला गोलांतर आरसा म्हणतात, आणि ज्याचा तवा पाहणाराचे बाजूनें ◠ असा उपड्या ढालीप्रमाणें फुगीर असतो त्याला गोलबाह्य किंवा फुगीर आरसा ह्मणतात.

सपाट आरशापुढें एकादा पदार्थ ठेविला असतां त्याचें जें प्रतिबिंब दिसतें तें त्या आरशाचे मागें त्या पदार्थाइतकेच अंतरावर, पदार्था इतक्याच मानाचें, व पदार्थासारखेंच सुलट दिसतें. पण ह्या गोलीय आरशांचें तसें नाहीं. ह्यांचे

पुढील पदार्थाच्या कोणत्याहि केंद्रापासून जे फांकणारे प्रकाशकिरण ह्या गोलीय आरशावर जातात, ते तें पदार्थ-केंद्र व ह्या आरशाचा गोलीयमध्य ह्यांतून जाणाऱ्या अक्षकिरणांतल्या एका बिंदूत जमून, तेथें त्या पदार्थकेंद्राची प्रतिमा बनते. उदाहरणार्थ पुढच्या तिन्ही आकृतींत **पमअ** व **पामआ** ह्या अक्षकिरणांतील **प्र** आणि **प्रा** हीं प्रतिमाकेंद्रें पहा. गोलीय आरशावर समांतर किरण आले (ह्मणजे अति दूरच्या पदार्थकेंद्रापासून किरण आले), तर ते तेथील अक्षकिरणाच्या त्रिज्येला दुभागणाऱ्या बिंदूत एकत्र जमतात किंवा जमतातसें भासतें, ह्मणून आरशाची त्रिज्या दुभागणाऱ्या बिंदुला ध्रुवकेंद्र ह्मणतात. उदाहरणार्थ तिन्ही आकृतींतील ध्रुबिंदु पहा. प्रकाशकिरण ज्या बिंदूत खरोखर जमतात, किंवा जेथून वास्तविक फांकत जातात त्या बिंदूला वास्तविक केंद्र ह्मणतात; आणि ते ज्या बिंदूत जमतातसें भासतें, किंवा ज्या बिंदूपासून आलेसें डोळा कल्पितो, त्याला भासमानकेंद्र किंवा कल्पित केंद्र ह्मणतात. उदाहरणार्थ ४१ व्या आकृतींतील **प्रप्रा** हें प्रतिबिंब वास्तविक केंद्रांचें आहे, आणि ४२ व्या व ४३ व्या आकृतींतील **प्रप्रा** हीं प्रतिबिंबें भासमान केंद्रांचीं किंवा काल्पित केंद्रांचीं आहेत. ह्या प्रतिबिंबाविषयीं कितीएक नियम आढळतात. ते असे.—

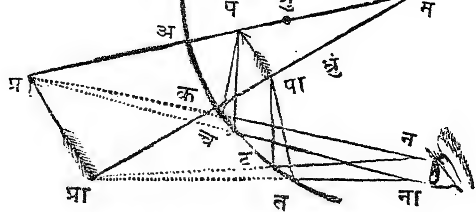
गोलांतर आरशापुढें त्या गोलमध्याचे पलीकडे पदार्थ ठेविला असतां त्या आरशाचे पुढचेच भागीं, त्या आरशापासून त्याचे अर्ध्ये त्रिज्येवरच्या **ध्रु** ह्या **ध्रुवकेंद्रा**पेक्षां कांहीं अधिक अंतरावर, मूळ पदार्थाहून लहान, व पुनः उलटें असें प्रतिबिंब दिसतें (आकृति ३८ येथील

सांकेतिक वर्णांच्या धोरणानें आकृति ४१ वी पहा).



आकृति ४१.

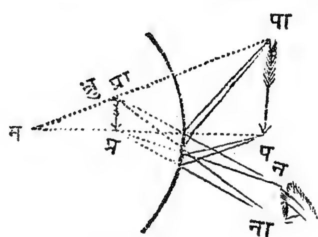
तेथून पदार्थ जसजसा आरशाचे मध्याकडे आणावा, तसतसें तें प्रतिबिंब त्याच मध्याकडे चळूं लागून, अधिकाधिक लहान होत चालतें. पदार्थ आरशाचे मध्यबिंदूंत आणिला, कीं त्याचें प्रतिबिंबही तेथेंच येतें. पदार्थ येथून आरशाकडे सरकूं लागला असतां त्याचें प्रतिबिंब उलटेंच दिसतें; पण तें मध्याचे पलीकडे दूर जाऊं लागून, अधिकाधिक मोठें व अंधक होऊं लागतें. पदार्थ त्या आरशाकडे त्याचे अर्ध्ये त्रिज्येवरच्या ध्रुवकेंद्रांत येण्याचे संधीस तें प्रतिबिंब अति दूर जाऊन अति मोठें झाल्यामुळें मुळींच दिसेनासें होतें. पण पदार्थ अर्ध त्रिज्येहूनही आरशाजवळ नेला, कीं तें प्रतिबिंब आरशाचे मागें, दूर, मोठें व सुलटें



आकृति ४२.

तें प्रतिबिंबही त्याच्या मागच्या बाजूस टेंकलेलें असें पदार्थी-येवढेंच दिसूं लागतें.

बरें, पदार्थ गोलबाह्य आरशापुढें ठेविला असतां, त्याचें प्रतिबिंब आरशाचे मागें व मुलटेंच दिसतें (आ० ४३ पहा). तरी तें पदार्थापेक्षां जवळ व लहान दिसतें. असे प्रकार कां घडतात व किती मानानें घडतात हें समजण्याला थोडी तरी भूमितीची माहिती असावी लागते

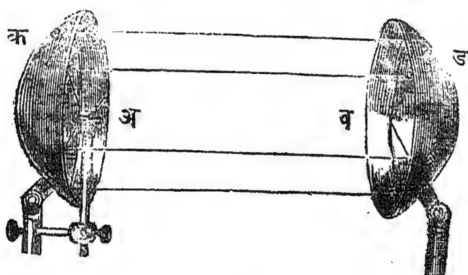


आकृति ४३ बी.

ह्मणून तें येथें सांगतां येत नाहीं. तथापि असे आरसे मिळवून त्यांचे साह्यानें वरील नियम प्रत्यक्ष अनुभवाच्याही द्वारें सिद्ध करून घेतले तरी हें कार्य बऱ्याच अंशीं होणार आहे.

१२३. परावर्ताकृति परावर्तकांचा जोड.—प्रधानरेषा व केंद्र ह्यांपासून समान अंतरांवरचे बिंदू सांधल्यानें जी

आकृति होते तिला परावर्त (इंग्रजांत पराबोला) ह्मणतात. हा परावर्त त्याच्या अक्षाभोंवतीं (केंद्रापासून प्रधान-रेषेवर लंब होणाऱ्या रेषेभोंवतीं) फिरविला असतां जी आकृति दिसते, त्या आकृतीच्या पात्रांना खालगट बाजूकडे झिलई देऊन त्यांचे आरसे बनविलेले असतात. असल्या आरशांच्या जोडाला परावर्ताकृति परावर्तकांचा जोड म्हणतात. असला जोड जर खालच्या आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें समोरासमोर तोंडें करून मांडून, त्यांपैकीं एका परावर्तकाच्या अ केंद्रांत सतेज पदार्थ ठेविला, तर त्याचे किरण जे त्या परावर्तकावर पडतात, ते तेथून समांतर रेषांनीं दुसऱ्या परावर्तकावर जाऊन त्याच्या ब केंद्रांत जमा होतात. म्हणून ह्या जोडामध्यें पांच पन्नास फुटांचें असलें तरी पुढील चमत्कार अनुभवास येतात.



आकृति ४४ वी.

प्रयोग ५० वा.—आपलें तोंड अ ठिकाणीं येईल अशा रीतीनें, एका मनुष्यानें क परावर्तकापुढें उभें रहावें, आणि त्याचप्रमाणें ब ठिकाणीं आपला कान येईल अशा बेतानें दुसऱ्या मनुष्यानें ड परावर्तकापुढें उभें रहावें, ह्म-

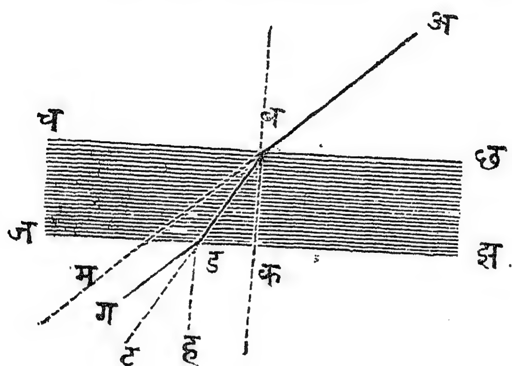
णजे अ मनुष्य कितीही हळू बोलला तरी तें ब ठिकाणचे मनुष्यास ऐकूं येतें. कारण अ जवळच्या मनुष्याचे मुखांतून ध्वनि निघून तो क परावर्तकावर आला ह्मणजे तेथून तो समानांतर गतीनें परावृत्त होऊन ड परावर्तकावर जातो, तेथून तो पुन्हा परावृत्त होऊन ब केंद्रांत जमा होतो. त्या ठिकाणीं दुसऱ्या मनुष्याचा कान असतो ह्मणून त्यास तो ऐकूं येतो. दुसऱ्या मनुष्यानें आपला कान ब केंद्रापासून काढून दुसरीकडे केला, तर त्यास ऐकूं येत नाहीं. कारण, त्या ठिकाणीं ब केंद्राप्रमाणें शब्दाच्या लाटा एकत्र होत नसतात.

प्रयोग ५१ वा.— अ ठिकाणीं एक दिवा लावावा, आणि ब ठिकाणीं स्वच्छ पांढरा कागद धरावा, अथवा ऊद वगैरे जाळून त्याचा धूर करावा, ह्मणजे त्यावर ब ठिकाणीं दुसऱ्या दिव्याप्रमाणें ज्योति दृष्टीस पडते.

प्रयोग ५२ वा.—अ ठिकाणीं एक लाल तापलेला लोखंडाचा गोळा ठेवून ब ठिकाणीं तुह्मीं आपला हात धरिला, तर त्याला तप्ततेचा भास होतो, व आपण ब ठिकाणीं थोडी बाराची दारू ठेविली तर ती पेट देखील घेते. ह्यावरून परावर्तक जर मोठाले असले, तर अ ठिकाणीं चांगला अग्नि प्रज्वलित करून त्याच्या नुसत्या तप्ततेच्या किरणांच्या योगानें लांब अंतरावरचे ब ठिकाणीं आपलें अन्न देखील शिजवितां येईल, असें अनुमान होतें.

१२४. **किरणवक्रीभवन.**—पदार्थ पारदर्शक असले ह्मणजे प्रकाशाचे किरण त्यांतून आरपार जातात, परंतु ज्या रोखानें पदार्थावर किरण येतात त्याच रोखानें पदार्थांतून ते पार

जात नाहींत, त्यांत थोडा फरक पडतो. खालच्या आकृतींत **चछजझ** हें पाणी किंवा जाड कांचेचें तावदान आहे अशी कल्पना करा. त्या तावदानावर **अब** दिशेनें एक

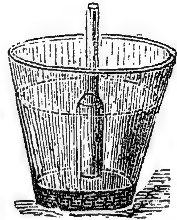


आकृति ४५ वी.

प्रकाशाचा किरण येतो आहे, तर तो कांचेंतून तसाच पुढें **बम** रेषेनें जात नाहीं, तर तो **बक** लंब रेषेकडे वळून **बड दिशेनें** जातो. बरें, तो किरण तसाच कांचेंतून पुढें बाहेर पडून हवेंत जाऊं लागला, ह्मणजे तो कांचेंतल्या **डट** दिशेनें पुढें जात नाहीं, तर तो पूर्वी जितका **बक** लंबाकडे वळला होता तितका **डह** लंबापासून दूर सरतो, यामुळें पूर्वीच्या **अम** दिशेशीं समांतर अशा **डग** दिशेनें जातो. यावरून किरणवक्रीभवनाचा नियम दिसतो तो असाः--विरळ पदार्थांतून घन पदार्थांत जातांना किरण लंबाकडे वळतो, आणि घन पदार्थांतून विरळ पदार्थांत जातांना किरण लंबापासून दूर सरतो व हें वक्रतेचें मान एका जोडांत एकसारखेंच असतें.

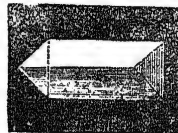
प्रयोग ५३ वा—एकादे हौदांत तुह्मीं एक काठी उभी धरा, ह्मणजे पाण्यांत जो काठीचा भाग बुडालेला आहे तो काठीच्याच सुतांत उभा दृष्टीस पडेल. नंतर काठी पाण्यांत तिरपी धरा ह्मणजे तिचा पाण्यांतला भाग अधिक तिरपा झालेला किंवा वर उचललेला दिसेल.

प्रयोग ५४ वा.—एका ग्लासांत पाणी भरून त्यांत एक चवली टाका, ह्मणजे ती पावली एवढी रुंद दिसेल. वरील प्रयोगांत काठीचा पाण्यांतला भाग बाहेरील भागापेक्षां असाच जाडा दिसतो, हें तुमच्या लक्षांत वागलेंच असेल.


आकृति ४६ वी.

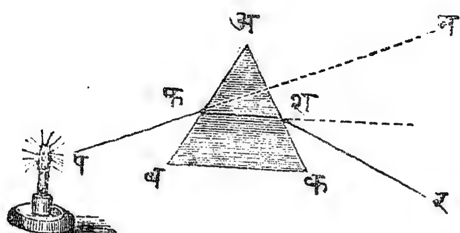
१२९. **त्रिकोणाकृति बिलोर.**—श्रीमंत लोकांच्या घरीं दिवाणखान्यांत कांचेचीं झाडें टांगलेलीं असतात तीं तुह्मांपैकीं पुष्कळांनीं पाहिलीं असतील. या झाडांस बिलोरांच्या रांगीच्या रांगी लावलेल्या असतात. त्या बिलोरांपैकीं एक मी तुह्मांस दाखवावयास येथें आणिला आहे तो एका शेवटाकडून पाहिला ह्मणजे आकृति (४७) यांत दाखविल्याप्रमाणें दिसतो व बाजूनें पाहिला ह्मणजे आकृति (४८) यांत दाखविल्याप्रमाणें दिसतो.


आकृति ४७ वी.


आकृति ४८ वी.

आतां पुढच्या **अबक** या बिलोरावर प्रकाशाचा किरण

पफ आला आहे ह्मणा (आकृति ४९ पाहा). हा प्रकाशाचा किरण समोर जाऊन भिंतीवर **म** ठिकाणीं पडावयाचा, परंतु **फ** ठिकाणीं त्याला वायूपेक्षां **घन** अशा **अबक** बिलोरांत शिरावें लागतें, ह्मणून तो (१२४ व्या



आकृति ४९ वी.

कलमांतल्या किरणवक्रीभवनाच्या नियमाप्रमाणें) लंबाकडे वळून **फश** दिशेनें चालेल आणि **श** ठिकाणीं बिलोरांतून बाहेर पडतांना लंबापासून दूर सरून आणखी **शर** दिशेकडे वळेल, आणि भिंतीवर **र** ठिकाणीं जाऊन पडेल. यावरून ही गोष्ट समजली कीं, प्रकाशाचा किरण त्रिकोण बिलोरांतून पार जातांना नेहमीं बिलोराच्या जाड्या आंगाकडे वळेल.

एकादा मनुष्य **प** दिव्याकडे **म** ठिकाणांतून पहात असतां **अबक** हा त्रिकोणी बिलोर मध्यें आला, तर तो मनुष्य जेव्हां आपला **म** ठिकाणचा डोळा बिलोराच्या जाड्या आंगाकडे **र** ठिकाणीं नेईल, तेव्हां त्यास त्या दिव्याचें पुनः दर्शन होईल, आणि तो दिवा त्यास **रश**

दिशेनें दिसेल. अर्थात वाजवीपेक्षां उंच ठिकाणीं दिवा दिसेल.

१२६. **कवडशांतली पृथक्कृतरंगावली.**—**प** ठिकाणच्या दिव्याचे प्रकाशाचे किरण त्रिकोण बिलोराचे योगानें वांकडे होऊन **र** ठिकाणीं येतात इतकेंच नाहीं, तर त्या ठिकाणाहून नुसती ज्योति दिसण्याबद्दल तींत **तापिआ** ह्मणजे तांबडा पिंवळा आस्मानी असे रंग दिसतात. एकाद्या अंधाराचे खोलींत सूर्याचा कवडसा घेऊन त्याचे मार्गांत ही त्रिकोण कांच धरिली असतां कवडशाचे किरण हिजमधून वक्र होऊन गेल्यामुळें तो कवडसा लांबट होतो; आणि त्यांत **तानापिहिआनिजा** ह्या सप्त रंगांची मोठी मजेदार रंगावळ दिसूं लागते. ह्या रंगावळींत पफम ह्या किरणरेषेचे जवळ तांबडा रंग दिसतो, आणि तेथून पुढें नारिंगी, पिंवळा, हिरवा, आस्मानी, निळा, आणि सरशेवटीं जांभळा अशा क्रमानें सात रंग दिसतात.

प्रयोग ९९ वा.– ह्या रंगावळींत उष्णतामापकांतील पाऱ्याचा गोळा **जा** पासून **ता** पावेतो प्रत्येक रंगांत धरावा, ह्मणजे त्यांतील पारा चढत जातो, व **ता**च्या वरच्या भागीं त्याहूनही चढतो. तसेंच ह्या रंगावळींत नैत्रेत अव सिलव्हरमध्यें भिजविलेला कागद धरावा, ह्मणजे तो **ता** पासून **जा** रंगापावेतों अधिकाधिक काळा होत जातो, व **जा**च्या खालच्या स्थळीं फार काळा होतो. ह्यावरून उघड होतें कीं, उष्णतेचें सामर्थ्य **ता** च्या वरच्या भागीं विशेष असतें, आणि काळेपणा देण्याचें रसायन–सामर्थ्य **जा**च्या खालच्या स्थलीं विशेष असतें.

ह्या रंगावळीवरून उघड दिसतें कीं पांढरे प्रकाशांत हे सात रंगांचे किरण असतात. हे सर्व रंगांचे किरण एकसारखे वक्र होत नाहींत, वेगळाल्या प्रमाणानें वक्र होतात, यामुळें ते वेगळाले पडतात. तांबडा किरण सर्वांत कमी वक्र होतो. ह्यापुढचे किरण त्यांचे क्रमानें अधिकाधिक वक्र होत जाऊन जांभळा सर्वांपेक्षां अधिक वक्र होतो.

आकाशांत जें इंद्रधनुष्य केव्हां केव्हां दिसतें, तेंही अशाच रीतीनें पावसाच्या बिंदूंनीं प्रकाशाचें पृथक्करण झाल्यामुळें उत्पन्न होत असतें. सूर्याच्या आड ढग वगैरे कांहीं नसून पाऊस पडत असला ह्मणजे आपणास इंद्रधनुष्य नजरेस पडतें.

प्रयोग ५८ वा.—आकाशांतलें इंद्रधनुष्य पाहण्यास पाऊस पडावा लागतो. तें पाहिजे तेव्हां आपल्या दृष्टीस पडणारें नाहीं, परंतु पुढील कृतीनें तें दिवसास पाहतां येतें. ज्यांतून कोंड्यासारखे तुषार उडतील असा हजारा एकादे कारंज्यावर लावून त्याचे समोर सकाळीं किंवा संध्याकाळीं सूर्यास पाठीशीं घालून उभा रहा, अथवा तोंडांत पाणी घेऊन त्याचा तसा फवारा उडीव, किंवा एकाद्या तुझ्या मित्रास ओलें धोतर तुझ्या पुढें झाडावयास सांग. त्याचे तुषार जे बाहेर पडतील त्यांत तुला लहानसें पण हुबेहुब इंद्रधनुष्य दृष्टीस पडेल. हा प्रयोग करून पाहण्यासारखा आहे. याचा अनुभव तुह्मी सर्वांनीं घ्यावा.

१२७. लेन्स किंवा भिंग.—कारागीर लोक कांचेचीं अनेक प्रकारचीं भिंगें करितात, परंतु त्यांतल्या एका गोलबाह्य भिंगाचा आपण या ठिकाणीं विचार करूं.

या भिंगाचा घाट फुगलेल्या पुरीसारखा असतो. ह्याच्या दोन्ही दर्शनी बाजू पोकळ गोळ्याच्या बाह्य अंगाप्रमाणें फुगीर असतात, म्हणून यास दुआंगी गोलबाह्य भिंग ह्मणतात. यास तुम्ही समोरून पहाल तर तें (आकृति ५० सारखें) वाटोळें दिसेल, आणि उभें धरून बाजूकडून पहाल तर तें मध्यें फुगलेलें (आकृति ५१ सारखें) दिसेल. अशा प्रकारच्या भिंगांस इंग्रेज लोक डबल कान्व्हेक्स लेन्स म्हणतात. या भिंगावर सूर्याचे समांतर किरण

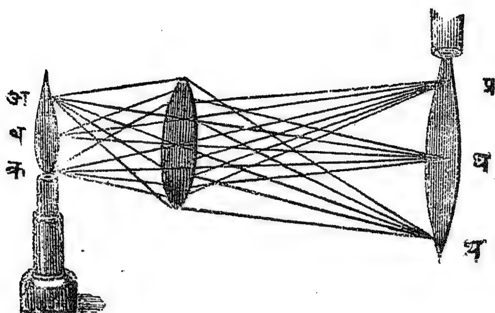

आकृति ५० वी.


आकृति ५१ वी.

आले तर ते त्यांतून पार जातांना वक्र होऊन, चोंहीं बाजूंनीं मधल्या जाड्या आंगाकडे वळतात, आणि त्या भिंगापासून त्याच्या त्रिज्येएवढ्या अंतरावर एका ठिकाणीं मिळतात. या किरण मिळण्याचे ठिकाणास किरणाचा मुख्य केंद्र अगर ध्रुवकेन्द्र म्हणतात. हे प्रकाशकिरण मुख्य केंद्राबाहेरच्या पदार्थावरील बिंदूपासून आले असतां ते कांहीं कोनानें येतात, व ते भिंगामधून पार जातांना सूर्यकिरणांसारखेच वक्र होतात, ह्मणून ते दुसऱ्या बाजूच्या मुख्य केंद्राचे पलीकडे एकत्र होतात. ह्या ठिकाणीं मुख्य केंद्रांतल्या सूर्यकिरणांनीं जमणाऱ्या तेजस बिंदूच्याच नमुन्यानें पदार्थावरील बिंदूची प्रतिमा जमते म्हणून ह्याला प्रतिमाकेंद्र ह्मणतात, आणि हे किरण पदार्थाच्या ज्या बिंदूपासून आले असतात त्या बिंदूला पदार्थकेन्द्र ह्मणतात. ह्याप्रमाणें ज्या बिंदूपासून किरण फांकतात, व ज्या बिंदूमध्यें एकवट होतात त्या दोहोंनाही केंद्र ही संज्ञा आहे. हे केंद्र आणि गोलबाह्य

भिंगाचा मध्य हीं नेहमी एकाच सरळ रेषेमध्यें असतात, व त्या रेषेला अक्षकिरण ह्मणतात.

प्रयोग ५७ वा.—आतां हिकडे पहा, येथें (ह्या ९२ व्या



आकृति ९२ वी.

आकृतींत) भ्यां दिवा आणि भिंत यांच्या मध्यें हें गोलबाह्य भिंग मागें पुढें करितांच दिव्याची प्रतिमा भिंतीवर उमटली. ही प्रतिमा उलटी व मोठी कशी उमटली तें आतां सांगतों. दिव्याची सर्व ज्योति सतेज असल्यामुळें तिचे प्रत्येक बिंदूंतले प्रकाशकिरण चोहींकडे पसरत जावयाचे तरी ज्योतीचें अग्र अ, मध्य ब आणि मूळ क ह्या तीनच बिंदूंतल्या किरणांचा विचार करूं; ह्मणजे बाकीच्यांचा प्रकार यांचे धोरणानें जाणतां येईल. ज्योतीच्या अ अग्रांतून जे प्रकाशकिरण बाहेर आले ते गोलबाह्य भिंगावर सर्व ठिकाणीं पसरले, परंतु त्यांतून बाहेर जातांना त्यांचें वक्रीभवन होऊन ते किरण पुनः ज्योतीचें अग्र व कांचेचा मध्य ह्या रेषेंतल्या थ ठिकाणीं

एकत्र झाले. त्याप्रमाणें **ब** ठिकाणांतून जे प्रकाशाचे किरण निघाले ते **ध** ठिकाणीं एकत्र झाले, आणि **क** पासून जे निघाले ते **प्र** ठिकाणीं एकत्र झाले. आतां **अ** ठिकाणचे किरण **थ** ठिकाणीं एकत्र झाल्यामुळें **अ** ची प्रतिमा **थ** ठिकाणीं उमटली. याप्रमाणें **ब**ची **ध** ठिकाणीं, आणि **क** ची **प्र** ठिकाणीं, अशा प्रतिमा उमटल्यामुळें **अबक** ही ज्योति, भिंतीवर **थधप्र** अशी उलटी दिसूं लागली. भिंगापासून ज्या अंतरावर ज्योति आहे, त्यापेक्षां २॥ ३ पट अंतरावर ही प्रतिमा बनली, ह्मणून त्याच पटीनें हिचीं तिन्ही मानें वाढून ती मोठी दिसूं लागली.

अशा रीतीनें पाहिजे त्या पदार्थाची प्रतिमा पाहातां येते. दिवाणखान्याच्या खिडकीशीं उभें राहून, एका हातांत असलें गोलबाह्य भिंग घेऊन त्याच्या मागें दुसऱ्या हातांत एक पांढरा स्वच्छ कागद धरावा, आणि तें भिंग मागें पुढें पाहिजे तितकें करावें. ह्मणजे खिडकीच्या बाहेरच्या पदार्थांचें प्रतिबिंब कागदावर हुबेहुब उमटतें, मात्र उलटें उमटतें. वरली बाजू खालीं आणि डावी बाजू उजवीकडे याप्रमाणें.

१२८. आपल्या डोळ्याचे बुबुळावर काळ्या अगरं घाऱ्या रंगाचा जो चवली एवढा फुगवटा दिसतो, त्याच्या आंत वर सांगितलेल्या गोलबाह्य भिंगाचेच आकाराचा एक आशय असतो. ह्या आशयांत घन व पारदर्शक असा एक स्फटिकरूपी रस असतो. ह्या रसरूपी गोलबाह्य भिंगानें वर सांगितलेल्या कांचेच्या गोलबाह्य भिंगाप्रमाणेंच कार्य घडतें. ह्मणजे. आपल्या समोर जो ह्मणून पदार्थ येतो, त्याचे किरण कनीनिकेवाटे रसरूपी गोलबाह्य भिंगामधून आंत जाऊं लागले

ह्मणजे ते वक्रीभवन पावतात, आणि डोळ्याच्या मागें जें ज्ञानतंतूंचें जाल आहे त्यावर ते वेगळाल्या केंद्रांमध्यें जमा होऊन त्या पदार्थाची प्रतिमा निर्माण करितात. ह्या प्रतिमेनें आपणाला पदार्थाच्या रूपाचें ज्ञान होतें. आतां ही ज्ञानतंतूंवरची प्रतिमा वर सांगितलेल्या भिंतीवरील प्रतिमेप्रमाणेंच उलटी असली पाहिजे. असें असतां आपणाला पदार्थ उलटे असे वाटत नाहींत, आपण त्याच्या डाव्या उजव्या अशा पाहिजे त्या आंगाला हात लावतांना चुकत कसें नाहीं, असें कोणाला वाटेल; पण असें न होणें हें केवळ सहवासाचें फळ आहे, आपण पहिल्यापासून ह्याच गोष्टीला परिचित झालों आहों ह्मणून या होण्यांत कांहीं नवल नाहीं.

प्रयोग ५८ वा.—गोलबाह्य भिंग अमळसें मोठें असलें ह्मणजे त्यास रविकांत ह्मणतात. रविकांत ह्मणण्याचें कारण असें, कीं तें भिंग सूर्याच्या किरणांत धरिलें, आणि बेतानें वर खालीं केलें, ह्मणजे त्याच्या जमिनीवर सतेज प्रज्वलित रवीच्या कांतिप्रमाणें कवडसा पडतो. गोलबाह्य कांचेमधून पार जातांना प्रकाशाचे किरण मात्र वक्रीभवन पावतात असें नाहीं, उष्णतेचेही किरण वक्रीभवन पावतात. याची प्रतीति पाहणें आहे तर वरील कवडशांत आपलें बोट धर, आणि पहा कसा चटका बसतो तो. त्याच कवडशांत एक गोवरीचें खांड धर, आणि पहा त्यांतून धूर येऊन तें कसें पेट घेतें तें. त्यांत थोडीशी बाराची दारू धर, आणि पहा ती कशी लागलीच पेट घेऊन उडून जाते तें. या प्रयोगांवरून असें समजलें कीं, प्रकाशाच्या किरणांप्रमाणें उष्णतेचे किरणही वक्रीभवन

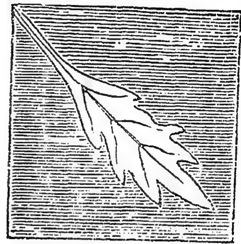
पावून एकत्र होतात, त्यामुळें पुष्कळ उष्णता एकत्र होते, आणि वरील प्रयोगांतील व्यापार आपल्या अनुभवास येतात.

येथें एक गोष्ट लक्षांत ठेवण्याजोगी आहे. ती ही कीं, वरील गोलबाह्य भिंगानें जरी प्रकाशाचे आणि उष्णतेचे किरण कवडशाचे जागीं एकत्र होतात, तरी याची परीक्षा त्या ठिकाणीं कागद, गोंवरी किंवा दुसरा एकादा पदार्थ धरल्याशिवाय, नुस्त्या डोळ्यांनीं होत नाहीं.

१२९. **रसायनकिरण.**—सूर्यापासून जे किरण येतात त्यांत प्रकाश व उष्णता हीं दोन देण्याचें सामर्थ्य वसतें, तसेंच त्यांत आणखीं रसायनव्यापार करण्याचें तिसरेंही सामर्थ्य वसतें आहे हें तुह्मास आतां दाखवितों.

प्रयोग ५९ वा.—नैत्रेत अव सिल्वर या नांवाचा एक रुप्याचा क्षार असतो. तो एक दोन गुंजाभार घेऊन त्यांत पाणी मिसळून तें ग्लासांत ठेवावें. त्यानें एक कोरा कागद एका आंगानें भिजवावा, आणि दोरीवर टाकून वाळवावा. हें सर्व काम अंधारांत दिव्याच्या प्रकाशांत करावें. तो कागद वाळला ह्मणजे त्यास जाडया कागदामध्यें ठेवावा, ह्मणजे त्यावर सूर्याचा प्रकाश पडत नाहीं. नंतर चांगलें ऊन पडलेलें असेल तेव्हां या तयार केलेल्या कागदावर एक झाडाचें पान ठेवून तो उन्हांत ठेवावा, ह्मणजे त्यावर सूर्यकिरणांचा रसायनव्यापार चालू होऊन तो काळा होऊं लागतो. कागद चांगला काळा झाला कीं सावलींत आणून त्यावरचें पान काढावें, ह्मणजे त्या ठिकाणीं पानाची हुबेहूब उमठलेली तसबीर, खालील आकृतीसारखी दिसूं लागते.

येथें जे सूर्यकिरण पानावर येतात त्यांना त्या पानाच्या लहान मोठ्या शिरा व त्वचा यांतून जाण्याला सर्वत्र सारखा मार्ग मिळत नाहीं, यामुळें ते त्यांतून उण्या अधिक मानानें कागदावर पोंचतात. याप्रमाणें पानाखालच्या कागदावर अधिक उणा प्रकाश पोंचल्यामुळें, त्याच्या



आकृति ९३ वी.

रसायनव्यापाराची कालिमाही तसतशाच मानानें चढून, ती त्या पानाची यथातथ्य प्रतिमा कागदावर दाखवित्ये. हा प्रतिमा उमटलेला कागद सूर्यप्रकाशामध्यें असाच राहिला तर कांहीं वेळानें सर्व काळा होऊन त्यावरचें पानाचें चित्र नाहींसें होणार आहे, ह्यासाठीं हा कागद चित्र उठण्याबरोबर उन्हांतून काढून, त्यास एका प्रकारच्या क्षाराच्या पाण्यांत कांहीं वेळ बुडवून ठेवावा लागतो. असें केल्यानें त्यावरचें चित्र पक्कें होतें, ह्मणजे त्यावर प्रकाशाचा व्यापार चालत नाहींसा होतो. या क्षाराचें नांव **सोडियं-हैपो-फासफाईट** असें आहे.

हल्लीं मुंबई, पुणें, सुरत, इत्यादि मोठमोठाले शहरांतून फोटोग्राफीनें चित्रें काढण्याची कळा पुष्कळ लोक शिकलेले आहेत. हे फोटोग्राफर लोक मनुष्यें, इमारती, झाडें डोंगर, बगीचे, वगैरे हर कोणाचीही तसबीर हां हां ह्मणतां हुबेहूब काढून देतात. ही सगळी कारागिरी सूर्यकिरणांच्या रसायनव्यापाराची आहे.

१३०. **प्रकाशाचा वेग.**—एका स्थळापासून दुसऱ्या

स्थळापर्यंत जावयास आवाजाला वेळ लागतो, त्याचप्रमाणें प्रकाशालाही जावयास वेळ लागतो. इतकेंच कीं, आवाज एका सेकंदांत सुमारें ११०० फूट मात्र लांब जातो, व प्रकाश एका सेकंदांत सुमारें १,८६,००० मैल जातो. आवाज आणि प्रकाश यांच्या त्वरेचे हे जे अंक आह्मी वर दिले, त्या अंकांवरून आवाजाच्या वेगापेक्षां प्रकाशाचा वेग किती मोठा आहे याचा कांहीं बोध होत नाहीं, आणि बोध झाला नाहीं तर त्याची योग्यताही लक्षांत येत नाहीं. एका मैलाच्या लांबींत ५२८० फूट असतात. तेव्हां एक मैल लांब जावयास आवाजाला सुमारें पावणे पांच सेकंद लागतील आणि एका तासांत आवाज सुमारें ७५० मैल लांब जाईल. या वेगानें आवाज १०॥ दिवसांनीं जितका जाईल तितक्या लांबीवर प्रकाश १ सेकंदांत जातो, आगीची गाडी फार झपाट्यानें चालविली तर कदाचित् ६० मैलांइतक्या वेगानें चालत असेल. त्या चालीच्या कोटिपट वेगानें प्रकाश चालतो. सूर्यावरून पृथ्वीवर येऊन पोंचण्यास प्रकाशाला सरासरी आठ मिन्युटें पुरतात.

१३१. **सूक्ष्मदर्शक भिंग.**—१२६ वे कलमांत जें दुआंगी गोलबाह्य भिंग सांगितलें तेंच सूक्ष्मदर्शक आहे, त्यानें जर सूक्ष्म पदार्थ पाहिले तर ते मोठे दिसतात आणि त्यांचे बारीक बारीक देखील अवयव स्पष्ट होतात. परंतु त्या भिंगापुढें पदार्थ ठेवणें तो त्याच्या मुख्य केंद्राचे आंत रहावा अशा बेतानें ठेवावा लागतो, ह्मणजे त्याची प्रतिमा त्या केंद्राचे पलिकडे पाहिजे तेवढी मोठी होते.

दूरचे पदार्थ पहाणें झालें तर या एका भिंगानें काम होत नाहीं.

१३२. दुर्बीण.—हिनें दूरचे पदार्थ पाहतां यावे यासाठीं हिला पदार्थाकडे एक व डोळ्याकडे एक अशीं दोन भिंगें लावावीं लागतात. पदार्थाकडील भिंगानें फक्त त्या पदार्थाचें प्रतिबिंब दुर्बिणीच्या कोठींत होतें; पण हें प्रतिबिंब डोळ्याकडील भिंगाचे मुख्य केंद्राचे आंत यावें अशा अंतरावर तें भिंग लावून, तें प्रतिबिंब त्या भिंगानें सूक्ष्मदर्शकाप्रमाणेंच मोठें करून पहावें लागतें. पदार्थाकडे जें भिंग करतात तें एका मोठ्या नळकांड्याचे शेवटीं बसविलेलें असतें. या नळकांड्यांत मागें पुढें सरणारें दुसरें नळकांडें बसविलेलें असून, त्याच्या बाहेर राहणारे शेवटास दुसरें डोळ्याकडचें भिंग बसविलेलें असतें. हें जोड नळकांडें पदार्थाकडे रोखून, डोळ्यांकडचें भिंग त्याचे नळकांड्यासुद्धां मागें पुढें सारून पदार्थ स्वच्छ दिसे असें करितात. या जोडभिंगास दुर्बीण असें नांव आहे. दुर्बिणीनें लांबचे पदार्थ मोठे आणि स्पष्ट दिसतात. हीं भिंगें नळकांड्याचे दोहों शेवटास बसवून नळकांड्याच्या आंतल्या बाजूस शाई फासलेली असते, यामुळें त्याच्यामध्यें बाहेरचा प्रकाश येऊन घोटाळा करीत नाहीं.

१३३. कर्तृत्वशक्ति.—हा विषय पुरा करण्यापूर्वीं आणखी एक वार कर्तृत्वशक्तीकडे वळूं. पदार्थाचे प्रकृत्यंश, दृढरूपांत एकत्र जमलेले असोत, किंवा वायुरूपांत निराळे झालेले असोत, त्यांचा कधींही नाश होत नाहीं; त्याचप्रमाणें पदार्थ किंवा प्रकृत्यंश यांच्या आंगीं जें चांचल्य अगर

कर्तृत्व आलें असतें त्याचाही कधीं नाश होत नाहीं. चांचल्य एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत जाईल, त्याचें रूपांतर होईल, पण त्या ठिकाणीं तें कांहीं तरी काम करीत असेल. घांटेवर लोळा आपटला ह्मणजे त्याचें पुढें जाणें बंद पडतें खरें, परंतु त्याचें रूपांतर होऊन तो व्यापार पुढें घांटेंत कंप रूपानें दिसूं लागतो. हाच कंप वातावरणामध्यें लहरींच्या, व कर्णामध्यें शब्दाच्या, रूपांत परिणाम पावतो. घांटेचा लोळा तिजवरतीं पुष्कळदा आपटला असतां दिसून येईल कीं, ह्या गतीचा परिणाम घांटेवर उष्णतेच्याही रूपामध्यें होतो. बरें ह्या उष्णतेला परत गतीचें रूप येत नाहींसें नाहीं. उष्णतेच्या योगानें पाण्याची वाफ होऊन ती यंत्रांतला दट्ट्या पुढें मागें सारूं लागते, व त्याच्या गतीनें आगगाडी चालते, हें सर्वांला विदित आहे. आतां तीच गाडी उभी करण्याची झाली ह्मणजे ज्या वाफेचा व्यापार दट्ट्यावर होत असतो, तिला हवेंत सोडून देतात. ही वाफ हवेशीं मिसळली ह्मणजे तिजमध्यें कर्तृत्व दिसत नाहीं. पण तें तिजमधून नष्ट होत नाहीं, तर तें तिच्यांत गुप्त रूपानें रहातें आणि ती वाफ पर्जन्याचे रूपानें भूमीवर कोसळूं लागली, किंवा नदीमध्यें वाहूं लागली, ह्मणजे पाणचक्या वगैरे चालण्याचे कामीं पुनः व्यक्त होतें. हिकडे आगगाडींतल्या वाफेचा व्यापार दट्ट्यावर होण्याचा जरी बंद झाला तरी गाडीच्या आंगांत पुढें जाण्याचा जो वेग आला असतो तो बंद होत नाहीं. तो बंद करण्यासाठीं चाकें जखडून टाकावीं लागतात. या कामासाठीं जे त्यांवर ढिले लोखंडी पट्ट ठेविलेले असतात ते जोरानें दाबावे

लागतात. या पच्यांशीं चाकें घांसूं लागलीं ह्मणजे त्यांची गति बंद होते, परंतु गति बंद होण्याबरोबर तीं इतकीं तापतात कीं त्यांच्यांतून बाहेर ठिणग्या पडूं लागतात. सारांश तप्ततेपासून गति उत्पन्न होते तशीच ती गति बंद केल्यामुळें तिजपासून पुनः अग्नीच्या ठिणग्या उत्पन्न होतात. या रीतीनें हें कर्तृत्व एका रूपांतून दुसऱ्या रूपांत जातें. परंतु तें कोणते तरी रूपानें कोठें तरी सदोदित व्यापार करीत असतें. उष्णतेचें सामर्थ्य किती मोठें आहे याचा अनुभव वाफेच्या यंत्रांत चांगला येतो.

विद्युत्.

१३४. **विद्युत्.**—विद्युत् अगर वीज ही काय आहे तें अजून कोणास समजलें नाहीं. तिजविषयीं पंडितांचीं निरनिराळीं मतें आहेत. परंतु विद्युत्पासून जे नानाप्रकारचे चमत्कारिक व्यापार होतात त्यांची मात्र पुष्कळ माहिती आहे. त्यांपैकीं कित्येकांची मी तुह्मास समजूत करून देतों.

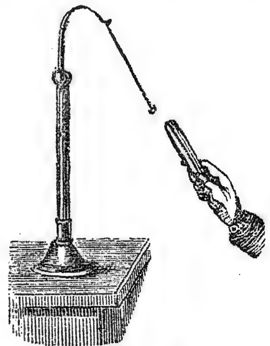
प्रयोग ६० वा.—एक कांचेची नळी घेऊन तिला रेशमाच्या रुमालावर घांसा, आणि तें घांसलेलें स्थळ कागदाचे बारीक तुकडे किंवा केरकचरा ह्यांजवळ धरा; ह्मणजे ते हलके पदार्थ त्या स्थलाकडे आकर्षिले जातात, व त्या स्थलीं पोंचले कीं तेथून दूर लोटले जातात, असें, तुमच्या दृष्टीस पडेल. ही जी आकर्षक–प्रतिसारक–शक्ति घर्षणामुळें नळींत आली, तिला विद्युत् अगर वीज असें ह्मणतात. जेथें वीज आली आहे तेथून तीस कांचेवर दुसरे ठिकाणीं फांकतां येत नाहीं. परंतु तुह्मी जर एक धातूची कांब घेतली, आणि तिला कांचेची किंवा लाखेची मूठ बसवून ती

हातांत धरून रेशमावर घांसली, तर घांसलेल्याच ठि-काणीं तर काय पण सर्व कांबभर हलके पदार्थ आकर्षण करण्याची शक्ति आली आहे असें तुमच्या नजरेस पडेल.

१३५. **विजेचे वाहक आणि रोधक.**—कांचेवर आलेली वीज जेथल्या तेथेंच राहाते, सर्व कांचभर पसरत नाहीं, परंतु धातूवर आलेली वीज सर्व धातूवर पसरते, ह्मणून कांचेला विजेची रोधक ह्मणतात व धातूला विजेची वाहक ह्मणतात. कांच, रबर, कोरडी हवा, रेशिम, मेण, लाख, गंधक, इत्यादि पदार्थ विजेचे रोधक किंवा अल्पवाहक आहेत. सर्व प्रकारच्या धातु, कोळसा, पाणी, प्राण्यांचीं शरीरें, इत्यादि पदार्थ विजेचे वाहक आहेत.

१३६. **विजेचे दोन प्रकार.**—वर सांगितल्याप्रमाणें दोन पदार्थ एकमेकांशीं घांसले असतां त्या प्रत्येकांत वेगळाल्या प्रकारची वीज स्फुरित होते. ह्या प्रत्येकीविषयीं बोलतां यावें, यासाठीं त्यांतील एकीला धन ह्मणतात, आणि दुसरीला ऋण ह्मणतात.

प्रयोग ६१ वा.—ही पहा कांचेचे दांड्याची ठाणवई. हिचे वरचे शेवटाशीं उभी तार लाविली आहे. तारेचे शेवटीं आंकडा आहे, त्यास रेशमाच्या धाग्यानें बोरूमधल्या भिरकं-डाची एक लहानशी गोळी लोंबत ठेविलेली आहे. कांच आणि रेशीम हीं विजेचीं रो-धक आहेत ह्मणून त्यांच्यावरून विजेला जातां येत नाहीं. आतां



आकृति ९४ वी.

मी ही कांचेची कांडी रेशमावर घांसून तो घांसलेला कांडीचा भाग टांगलेल्या भिरकंडाच्या गोळीशीं नेतांच पहा ती गोळी कशी घांसलेल्या भागाकडे ओढली जात आहे ती. परंतु स्पर्श झाल्याबरोबर ती त्याच्यापासून दूर पळते. मग घांसलेली कांच गोळीच्या कितीही शेजारीं नेली तरी ती गोळी कांचेला स्पर्श करीत नाहीं. तिच्यापासून नेहमीं दूर राहते. आतां ही एक लाखेची कांडी घेऊन तिला लोकरीच्या कापडावर घांसतों. ही पहा घांसलेली लाखेची कांडी भिरकंडाच्या गोळीशेजारीं नेली कीं ती गोळी लाखेकडे आकर्षिली जाते, आणि तिचा लाखेशीं स्पर्श झाल्याबराबर ती पुनः लाखेपासून दूर राहूं लागते. यावरून **नियम.**—घांसलेल्या कांडीचा गोळीशीं स्पर्श झाला ह्मणजे तींतली वीज गोळीमध्यें जाते, आणि मग त्या दोहोंतल्या सजातीय विजा एकमेकींला लोटूं लागल्यामुळें कांडीपासून गोळी दूर राहते.

प्रयोग ६२ वा.—विजेचे दोन्ही प्रकार तुह्मास चांगले समजावे याकरितां काचस्तंभाचे सहा आधारांवर सहा भिरकंडांच्या गोळ्या रेशमानें टांगल्या आहेत (आकृति ६९ पहा). त्यांतून या पहिल्या दोन गोळ्यांना घांसलेल्या कांचेचा स्पर्श करितों. दुसऱ्या दोन गोळ्यांना घांसलेल्या लाखेचा स्पर्श करितों. आणि तिसऱ्या जोडींतल्या एकीला कांचेचा व दुसरीला लाखेचा स्पर्श करितों. असें करितांच या प्रत्येक जोडीची स्थिति पहा कशी चमत्कारिक झाली आहे ती.

घांसलेल्या कांचेशीं ज्या दोन गोळ्यांचा स्पर्श झाला आहे, त्या दोन गोळ्या जवळ जवळ असल्यामुळें एकमे-

आकृति ५९ वी.



घांसलेल्या **कांचेशीं** स्पर्श केलेल्या गोळ्या. घांसलेल्या **लाखेशीं** स्पर्श केलेल्या गोळ्या.



एका गोळीचा **कांचेशीं** स्पर्श झाला आहे, व दुसऱ्या गोळीचा **लाखेशीं** स्पर्श झाला आहे.

कीस लोटीत आहेत. घांसलेल्या लाखेशीं ज्या दोन गोळ्यांचा स्पर्श झाला आहे त्याही एकमेकींचे शेजारीं असल्यामुळें परस्परांस लोटीत आहेत. परंतु लाखेनें स्पर्श केलेली गोळी कांचेनें स्पर्श केलेल्या गोळीजवळ ठेविली आहे, त्या तिसऱ्या जोडींतल्या गोळ्या एकमेकींस ओढीत आहेत.

या प्रयोगावरून असें लक्षांत येतें कीं, गोळीचा स्पर्श ज्या घांसलेल्या पदार्थाशीं होतो त्यांतली वीज गोळीमध्यें जाते. एकाच जातीच्या विद्युतेनें दोन्ही गोळ्या भरलेल्या असल्या ह्मणजे त्या एकमेकींस लोटितात, आणि एक

गोळी कांचेवरच्या विजेनें भरलेली असून दुसरी लाखेवरच्या विजेनें भरलेली असली तर त्या दोन गोळ्या परस्परांस ओढितात. असें आकर्षणाचें कार्य वेगळाल्याच विजांत संभवतें ह्मणून कांचेवरची वीज आणि लाखेवरची वीज ह्या दोन वेगळ्या प्रकारच्या विजा असल्या पाहिजेत. कांचेवर रेशमानें घांसून जी वीज येते तिला धनविद्युत् ह्मणतात, व लाखेवर फ्लानेल घांसून जी वीज येते तिला ऋणविद्युत् ह्मणतात. धन ह्मणजे अधिक विद्युत् आणि ऋण ह्मणजे कमी विद्युत असा या शब्दांचा अर्थ समजूं नये, फक्त दोन विद्युतांचा भेद दाखविण्याकरितां हे पारिभाषिक शब्द योजिले आहेत.

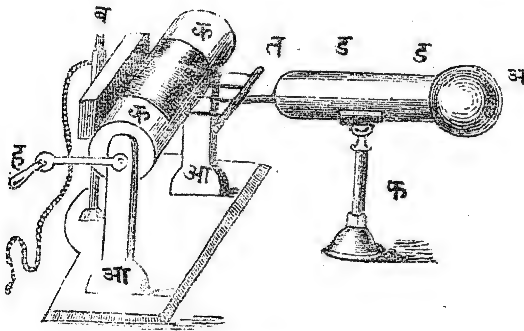
प्रयोग ६३ वा.—पुनः आपण रोधक आधारावर ठेविलेली एक गोळी घांसलेल्या कांचेवरच्या धनविजेनें भरूं आणि दुसरी लाखेवरच्या ऋण विजेनें भरूं. आतां ज्या रेशमानें कांच घांसली आहे तोच रेशमाचा रुमाल कांचेवरची धनविद्युत् भरलेले गोळीजवळ नेला तर ती गोळी त्याच्याकडे ओढिली जाते, तेव्हां रेशमाच्या रुमालांत ऋण विद्युत् आली आहे असें ह्मणावें लागतें. याचप्रमाणें घांसलेल्या फ्लानेलीवर प्रयोग करून पाहिला, तर फ्लानेलीमध्यें धनविद्युत् भरलेली आहे असें नजरेस येतें. यावरून ही गोष्ट सिद्ध झाली कीं पदार्थ एकमेकांवर घांसले तर त्या दोहींत दोन प्रकारच्या विजा प्रकट होतात.

१३७. विजेचें यंत्र.—रेशमावर कांचेची कांडी घांसली किंवा फ्लानेलीवर लाखेची कांडी घांसली, तर त्या घांसलेल्या जागीं जी वीज उत्पन्न होते, ती थोडी असते, त्या

मुळें विजेचे सर्व जातींचे व्यापार अनुभवून पहाण्यास कठीण पडतें. विजेच्या यंत्रानें पाहिजे तितकी वीज उत्पन्न करितां येते आणि तिच्या योगानें विजेचे सर्व प्रकारचे चमत्कार पाहातां येतात.

विजेच्या यंत्रांत मुख्य दोन भाग असावे लागतात. एक भाग वीज उत्पन्न करण्याकरितां, आणि दुसरा ती सांठवून ठेवण्याकरितां. विजेचीं यंत्रें पुष्कळ प्रकारचीं आहेत, परंतु त्यांतून आपल्या देशांतील कारागिरांस तयार करण्यास सोपें अशा यंत्राचें येथें वर्णन केलें आहे.

या यंत्रांत **आआ** या लांकडी स्तंभांवर एक कांचेची मोठी पांढरी स्वच्छ अशी शिशी फिरती ठेविलेली असते. तिला **ह** या हात्यानें फिरवितां येते. ही शिशी पांच सहा इंच रुंदीची आणि आठ दहा इंच लांबीची अशी वाटो-



आकृति ९६ बी.

ळी असते. हिला लागून **ब** या उभ्या लांकडी दांड्याचे दाबांत कातड्याची गादी असते. या गादींत घोड्याचे केंस घातलेले असतात, त्यामुळें ही गादी फुगीरवट हो-

ऊन कांचेच्या बाटलीला दाबून बसलेली असते. कात- ड्याच्या गादीवर शिशीच्या बाजूस पाऱ्याच्या मिश्रणाचा पातळ लेप दिलेला असतो. हें मिश्रण बहुतकरून १ भाग जस्त, १ भाग कथील, व २ भाग पारा यांचें केलेलें असतें. या गादीस एक लोखंडी किंवा पितळी सांखळी जोडून ती जमिनीपर्यंत खालीं सोडलेली असते. गादीव- रून एक कक हें रेशमाचें फडकें शिशीवरून पांघुरणा- सारखें सोडलेलें असतें. बाजूचे हात्यानें या शिशीला फि- रवूं लागलें ह्मणजे तिचें कातड्याचे गादीशीं घर्षण होऊन शिशी व गादी या दोहोंवर दोन प्रकारची वीज उत्पन्न होऊं लागते. शिशी, रेशमी फडकें, आणि लांकडाचे स्तंभ, हीं विजेचीं रोधक असल्यामुळें शिशीवर जी विद्युत् उत्पन्न होते तीस दुसरीकडे जातां येत नाहीं. मागचे गादीच्या दांड्यांत घर्षणानें विरुद्ध प्रकारची जी वीज उत्पन्न होते ती धातूच्या सांखळीच्या द्वारें जमिनींत उतरते. यंत्राचा इतका भाग विद्युत् उत्पन्न करण्याचा झाला. यापुढें विद्युत् सांठविण्याचे भागाचें वर्णन करूं.

आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें डड हें धातूचें नळकांडें अस- तें, त्याचीं दोन्ही शेवटें गोलाकृति असतात. एका शेवटास एक लोखंडी सुयांची फणी लावलेली असते, ती आकृतींत त ठिकाणीं दाखविली आहे. दुसरे शेवटास धातूचा गोळा अ- सतो, तो या आकृतींत अ ठिकाणीं दाखविला आहे. धातू- चे नळकांड्यास फ या कांचेच्या स्तंभाचा आधार असतो. कांच अप्रवाहक असल्यामुळें वरील धातूच्या नळकांड्यांत जी वीज जमा होते तिला बाहेर जातां येत नाहीं.

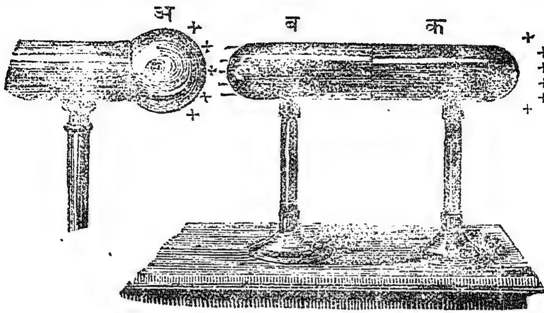
या सांठवणांत वीज येण्याचा प्रकार असा कीं, ह हात्यानें कांचेची शिशी फिरविली ह्मणजे तिच्यामध्यें जी वीज उत्पन्न होते, ती रेशमाचे फडक्याखालून पुढें येऊन, लोखंडी सुयांचे वाटे फणींत शिरून, डड धातूच्या नळकांड्यावर येऊन सांठवते. धातूच्या अग्रांमध्यें विद्युत् आकर्षण करण्याची शक्ति फार असते, ह्मणून शिशीवरची विद्युत् ओढून घेण्यास सुयांची फणी लावलेली असते.

१३८. **प्रयोग ६७ वा. विजेची चमक**—विजेचें यंत्र चार पांचदा फिरवून, आपलें बोट अ ठिकाणीं गोळा आहे त्याचेकडे न्यावें. गोळशेजारीं बोट गेलें ह्मणजे त्याच्या मधून तेजाची ठिणगी बाहेर पडून बोटांत जातांना दृष्टीस पडते, त्याबराबर चुटकी वाजल्याप्रमाणें थोडा आवाज होतो, आणि बोटाला किंचित टोंचल्याप्रमाणें वाटतें. यंत्राशेजारीं बोट नेल्यानें हें जें तेज दृष्टीस पडतें, त्यास **विजेची चमक** असें नांव आहे. एके ढगांतून दुसरे ढगांत किंवा ढगांतून जमिनीवर वीज येते त्या वेळेस विजेची चमक याचप्रमाणें दृष्टीस पडते, आणि मोठा गडगडाट होतो.

१३९. **वीज सांठवलेले पदार्थ.**— विजेचा संचार ज्या पदार्थांत झाला आहे त्यांस भारलेले किंवा वीज सांठवलेले पदार्थ असें नांव देऊं. तसेंच धनविद्युत् ज्या ठिकाणीं भरलेली आहे ती जागा + + या चिन्हांनीं दाखवूं, आणि ऋणविद्युत् ज्या ठिकाणीं भरलेली आहे त्या ठिकाणीं – – या खुणा लिहूं.

विजेच्या यंत्राच्या शेवटीं लावलेला धातूचा अ गोळा पूर्वीं वर्णिला तोच गोळा वरील आकृतींत अ ठिकाणीं

दाखविला आहे. **ब** आणि **क** हीं धातूचीं दोन नळकांडीं सारख्या जाडीचीं आहेत. हीं नळकांडीं विजेच्या रोधक



आकृति ५७ वी.

आधारांवर बसविलेलीं आहेत. हीं दोन नळकांडीं आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें एकमेकांस जोडून ठेवितां येतात, किंवा वेगळालींही ठेवितां येतात.

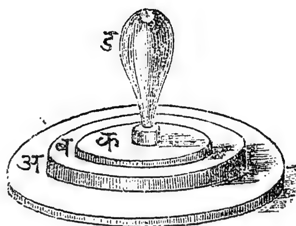
प्रयोग ६५ वा.—आतां आपण अशी कल्पना करूं कीं विजेचें यंत्र फिरविल्यानें **अ** गोळ्यामध्यें धनविद्युत् पुष्कळ येऊन भरली आहे. या गोळ्यापासून थोड्या अंतरावर **ब** आणि **क** हीं नळकांडीं एकमेकांस स्पर्श करीत अशीं आणून ठेविलीं, तर असा चमत्कार दृष्टीस पडतो, कीं **अ** गोळ्यांतील धनविद्युतेच्या सांनिध्यानें **बक** नळकांड्यांचे **ब** शेवटाशीं पुष्कळ ऋणविद्युत् आकळली जाते, आणि दूरच्या **क** शेवटाशीं पुष्कळ धनविद्युत् लोटली जाते. पदार्थांत भरलेली विद्युत् धन आहे, किंवा ऋण आहे, त्याची परीक्षा कशी करावी तें १२६ वे कलमांत सांगितलें आहेच. याप्रमाणें पदार्थांतली जी विद्युत् आकळली जाते तीस आकलित (इंड्यूस्ड) **विद्युत्** ह्मणावें, व दूर लोटली जाते तीस **मुक्त विद्युत्** ह्मणावें.

आतां पहिल्यानें क नळकांडें ब नळकांड्यापासून सोडवून दूर नेऊन ठेविलें, पाठीमागून ब नळकांडेंही यंत्रापासून दूर नेऊन दुसरीकडे ठेविलें, आणि त्या वेगळाल्या नळकांड्यांतल्या विजा तपासल्या तर पूर्वीप्रमाणेंच ब नळकांड्यांत ऋणविद्युत् आहे आणि क नळकांड्यांत धनविद्युत् आहे असें अनुभवास येतें, अ गोळ्यांतली विद्युत् थोडी देखील कमी न होतां ब आणि क या नळकांड्यांत विद्युल्लता कोठून येताल हा जर प्रश्न केला, तर त्या बाहेरून येतात असें तर ह्मणतां येत नाहीं. तर मग ब आणि क ह्या प्रत्येक नळकांड्यांत या दोन्ही प्रकारच्या विद्युता मूळच्याच असून, त्या अ गोळयाच्या शेजारीं आणल्यामुळें वेगळाल्या होऊन दोघी दोहों शेवटांस जाऊन बसतात असें ह्मटलें पाहिजे. अ गोळ्यांत धन विद्युत् असल्यामुळें त्याच्याकडे नळकांड्यांतली ऋण विद्युत् आकर्षिली जाते, आणि धनविद्युत् दूरच्या शेवटास लोटली जाते. पुढें नळकांड्याचा संबंध सोडविल्यामुळें त्या वेगळ्या झालेल्या विजा सहजच वेगळाल्या राहतात.

या प्रयोगावरून आपले ध्यानांत ही गोष्ट येते कीं प्रत्येक पदार्थांत दोन्ही विद्युल्लता समान मानानें भरलेल्या असतात; परंतु तो पदार्थ जर विजेनें संचारित पदार्थ शेजारीं नेला, तर त्यांतील विद्युल्लतांचें पृथक्करण होऊन जी संचारलेल्या विद्युल्लतेचे जातीची असते ती दूर जाते आणि विरुद्ध जातीची असते ती संचारित विद्युल्लतेकडे आकळली जाते.

१४०. इलेक्ट्रोफोरस अथवा **विद्युदुत्पादक यंत्र**—वरील

नियमाचे आधारानें एक दुसरे जातीचें विजेचें यंत्र तयार करीत असतात, त्यास इलेक्ट्रोफोरस असें नांव आहे. हें यंत्र ५८ व्या आकृतींत दाखविलें आहे. यांत अ हा एक दहा बारा इंच रुंदीचा धातूचा पत्रा असतो. त्याच्यावर ब ही नऊ दहा इंच रुंदीची लाखेची किंवा गंधकाची पोळी करून बसविलेली असते. त्या पोळीवर क हा दुसरा धातूचा पत्रा सात आठ इंच रुंदीचा ठेवला असतो. या पत्र्यास उचलतां यावें, परंतु त्यांत आलेली वीज निघून जाऊं नये, ह्मणून त्याच्यावर कांचेची मूठ ड ही बसविलेली असते. या यंत्रांतून वीज कशी उत्पन्न होते तें आतां सांगतों.



आकृति ५८ वी.

प्रयोग ६६ वा.—मूठ हातांत धरून वरील पत्रा एकीकडे काढावा. नंतर रेशमाच्या फडक्यानें खालच्या लाखेच्या पोळीवर झटकारावें. या घर्षणानें लाखेवर ऋण वीज येते. नंतर त्यावर वरचा पत्रा ठेवावा, ह्मणजे लाखेवरची वीज पत्र्यांतील विजेचें पृथक्करण करून त्या पत्र्याच्या खालच्या बाजूस धन वीज आकळून धरते आणि वरच्या बाजूस ऋण वीज मोकळी सोडते. अशा स्थितींत या पत्र्याजवळ जर तुह्मी आपलें बोट नेलें, तर त्यांतून तुमच्या बोटांत ह्या ऋण विजेची ठिणगी येईल व बोटांत येतांना तिची चमक तुमच्या दृष्टीस पडेल. तुमचे बोटांत मोकळी ऋण वीज येत्ये आणि धन वीज पत्र्याखालींच आकळलेली राहते. याची परीक्षा अशी

कीं तो पत्रा कांचेच्या दांड्यानें जर तुह्मी उचलून धारिला, आणि तशा स्थितींत त्या पत्र्याजवळ तुह्मी आपलें बोट नेलें, तर त्या पत्र्यांतून पुनः धन विजेची चमक तुमच्या बोटांत येते. पत्रा वर उचलल्यामुळें लाखेवरची वीज पत्र्याबरोबर वर येत नाहीं. वर उचललेल्या पत्र्यांतील वीज बोटानें काढून घेतल्यावर जर तो पत्रा पुनः लाखेच्या पोळीवर ठेवला तर त्यांतून पुनः तुमच्या बोटांत चमक येते, आणि उचलला ह्मणजे पुनः येते. याप्रमाणें तुह्मी पाहिजे तितके वेळा वरील पत्रा लाखेच्या पोळीवर ठेविला आणि पाहिजे तितके वेळा वर उचलला, तरी प्रत्येक वेळीं पत्र्यांतून प्रथम मोकळ्या व नंतर आकळलेल्या विजेची चमक तुमच्या बोटांत येत चालते. पत्रा लाखेवर असतो तेव्हां पत्र्यांतील विजेचें पृथक्करण होऊन ऋण वीज वरल्या बाजूस येते, ती बोटावाटे जमिनींत निघून जाते. पत्रा वर उचलला ह्मणजे त्याच्या मध्यें राहिलेली धन वीज असते ती जमिनींतील ऋण विजेला बोटावाटे ओढून घेऊन पत्र्यांत फिरून धनऋण विजांचें साम्य होतें. तो पत्रा लाखेवर ठेवला ह्मणजे त्यांचें पुनः पृथक्करण होऊन ऋण वीज बोटावाटे जमिनींत जाते.

हें यंत्र एकदां विजेनें संचारित करून ठेविलें ह्मणजे त्यांतील वीज, हवा कोरडी आहे तर, आठ आठ दहा दहा दिवस त्यांत भरलेली रहाते; आणि दुसरा चमत्कार असा कीं वरील पत्र्यांतून पाहिजे तितके वेळा विजेची चमक काढतां येते.

१४१. **लेडनजार.**—एका प्रकारची कांचेची शिशी

तयार केलेली असते, तिला **लेडनजार** असें नांव आहे. या शिशींत पाहिजे तितकी वीज भरून ठेवितां येते. लेडन शहरांत या शिशीची युक्ति पहिल्यानें प्रसिद्ध झाली ह्मणून तिला लेडनजार ह्मणजे लेडनमधील शिशी असें नांव पडलें.

एक कांचेची मोठ्या तोंडाची शिशी घेऊन तिच्या आंतल्या व बाहेरच्या आंगानें कथिलाचा पत्रा मढविलेला असतो. ह्या शिशीचें वरचें आंग मोकळें असतें. हिचे तोंडीं लांकडी बूच असतो, त्यांतून हिचे तळापर्यंत एक पितळी जाडी तार गेलेली असते. या तारेचे वरील शेवटास पितळेची किंवा शिशाची गोळी बसविलेली असते.



आकृति ९९ वी.

ही शिशी हातांत धरून वरील गोळी विजेच्या यंत्राच्या विद्युत्संचयाच्या जवळ नेली, ह्मणजे त्यांतून, वीज बाहेर पडून तारेवाटे या शिशीच्या आंतील पत्र्यावर येऊन भरते. विजेचें यंत्र चालू असतां या शिशींत पाहिजे तेवढी वीज सांठवितां येते, आणि सभोंवतालची हवा जर कोरडी आहे तर ती त्यांत पाहिजे तितका वेळ राखतां येते. वीज शिशीमध्यें भरतांना जर शिशी हातांत आहे, तर आंतील वीज बाहेरच्या पत्र्यावरील विजांचें पृथक्करण करून, ऋणविजेला पत्र्याच्या आंतल्या बाजूस ओढून घेते, आणि धनविजेला बाहेरच्या बाजूस लोटून देते, ती हातावाटे जमिनींत जाते.

या रीतीनें बाटलींतल्या कथलाच्या पत्र्यावर धनवीज आणि बाहेरच्या पत्र्यावर ऋणवीज अशा दोन ठिकाणीं दोन विजांचा संचय होतो.

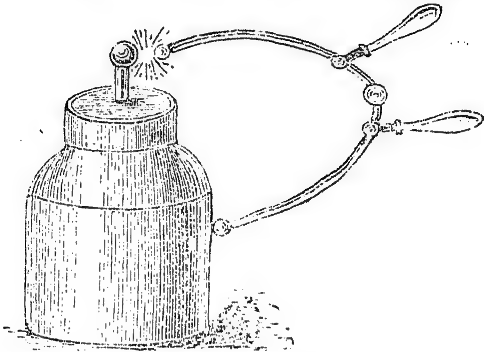
या दोन विजा एकमेकींत मिसळण्यास अतिशय यत्न करीत असतात, परंतु त्या दोहोंमधली शिशीची कांच पडली अप्रवाही, त्यामुळें त्यांचें कांहीं चालत नाहीं.

१४२. **विजेचा वेग.**— वर सांगितलेल्या लेडनजारमधल्या दोन विजांना, मध्यें कांच आड आल्यामुळें, एकमेकींत मिसळतां येत नाहीं ह्मणून वर सांगितलें; परंतु त्यांस जर प्रवाही पदार्थाचे वाटेनें येऊन एकमेकांत मिसळावयास सांपडलें तर ती वाट कितीही दूरची असो, त्या वाटेनें धांवत येऊन त्या एकमेकींत मिसळतात. लेडनजारची कांच फार तर १/२० इंच जाडीची असेल, तींतून त्या विजांस पार जातां येत नाहीं, परंतु तांब्याची तार १०० कोस किंवा १००० कोस लांबीची असली, तरी त्या वाटेनें एका क्षणांत जाऊन त्या एकमेकींत मिसळतील. सर चार्लस व्हीटस्टोन या साहेबानें एका अबाधित युक्तीनें विजेच्या धांवेचा वेग मोजिला. त्यास असें आढळलें कीं तांब्याच्यां तारेंतून वीज दर सेकंदास २,८०,००० मैल धांव घेते. ही धांव प्रकाशाच्या गतीपेक्षांही मोठी झाली. वीज तांब्याचे तारेमधून जितकी जलद जाते तितकी दुसऱ्या कोणत्याही धातूंतून किंवा दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थांतून जात नाहीं.

१४३. **विजेचा धक्का-प्रयोग ६७ वा.**—पांच सात माणसांनीं एकमेकांचे हात धरून कडें केलें, आणि एका शेवटाकडच्या मनुष्यानें लेडनजार आपल्या हातांत घेऊन दु-

सऱ्या शेवटाकडच्या मनुष्यानें आपलें बोट शिशीवर गोळयाजवळ नेलें, तर त्याच्या बोटांत विजेची तेज अशी चमक जातांना दृष्टीस पडेल, आणि सर्वांच्या अं तून वीज जाऊन त्यांना एकदम विजेचा धक्का बसेल.

प्रयोग ६८ वा.—लेडनजारमध्यें वीज फार भरर असली तर तिचा धक्का सोसवत नाहीं इतका मोठा ब

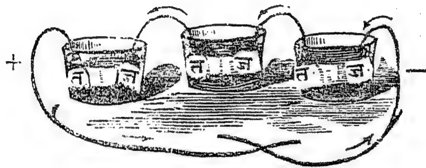


आकृति ६० वी.

अशा प्रसंगीं शिशांतली वीज काढून टाकण्यासाठीं धा जाड तारेची योजना करितात. धातूची जाड तार घे तिला वांकवून तिच्या दोहों शेवटांशीं धातूचेच गोळे बिलेले असतात. तारेच्या मध्यभागीं कांचेची मूठ अ ही मुठ हातांत धरून तारेचें एक शेवट लेडनजार गोळयाच्या शेजारीं आणितात, आणि वरील आकृतींत खविल्याप्रमाणें तारेचें दुसरें शेवट त्याच शिशाचे व कथलाचे पत्र्यास लावितात, ह्मणजे आंतील वीज गो तून बाहेर पडून, सतेज चमक देऊन तारेवाटे बाहे पत्र्यांतले विजेशीं जाऊन मिळते.

१४४. रसायनजन्य विद्युत्.—मागें ज्या विद्युतांविषयीं सांगितलें त्यांस **स्थिर** किंवा **सांठविलेल्या** विजा असें नांव देतात, कारण आपण त्यांस अप्रवाहक स्तंभांवर कोंडून ठेवितों, त्यांस कोठें बाहेर जाऊं देत नाहीं. परंतु रसायन व्यापारापासून जी विद्युत् उत्पन्न होते तिचा नेहमीं प्रवाह चालू ठेवावा लागतो, ह्मणून तिला चलित किंवा रसायनजन्य विद्युत् ह्मणतात. या चलित विद्युतेपासून अनेक जातींचे चमत्कार दृष्टीस पडतात. त्यांतून कित्येक तुह्मांस दाखवितों. परंतु पहिल्यानें रसायन विद्युत् उत्पन्न कशी करितात तें तुह्मास दाखविलें पाहिजे.

१४५. वोल्टाची मांडण—या मांडणींत दर एक ग्लासांत एक तांब्याचा व एक जस्ताचा असे दोन पत्रे असतात (आकृति ६० पहा). प्रत्येक ग्लासांतला तांब्याचा



आकृति ६१ वी.

पत्रा दुसऱ्या ग्लासांतल्या जस्ताच्या पत्र्याशीं तांब्याच्या तारेनें जोडलेला असतो. ह्या जोडणींत पहिले ग्लासांतल्या तांब्याच्या पत्र्याला जोड नसतो, तसाच शेवटले ग्लासांतल्या जस्ताच्या पत्र्याला जोड नसतो. या शेवटच्या पत्र्यांपासून आलेल्या तारा एकमेकांस लावतां येत इतक्या लांब असतात. प्रत्येक ग्लासांत एक भाग गंधकाची आंब

(सल्फ्यूरिक आसिद) आणि आठ भाग पाणी असें मिश्रण असतें. ह्या मांडणींतल्या प्रत्येक ग्लासास **घर** असें नांव आहे. वर दाखविलेली मांडण तीन ग्लासांची किंवा घरांची आहे. असल्या मांडणींना इंग्रजींत **ब्याटरी** ह्मणतात.

शेवटच्या तांब्याच्या पत्र्यापासून जी तार निघाली आहे, तिशीं शेवटच्या जस्ताच्या पत्र्यापासून निघालेल्या तारेचा स्पर्श केला ह्मणजे या मांडणींतून विजेचा प्रवाह चालू होतो.या प्रवाहाची दिशा वरील आकृतींत तिरांनीं व + चिन्हानें दाखविली आहे. दर एका ग्लासांत जो गंधकाचा अर्क आहे त्याचा रसायनव्यापार जस्तावर होऊन दोन प्रकारच्या विजा उत्पन्न होतात. त्यांतील धन वीज पाण्यांतून तांब्याकडे जाऊन तेथून दुसऱ्या ग्लासांतल्या जस्ताचे पत्र्यावर धांव घेते, आणि विजेचा प्रवाह चालू होतो.

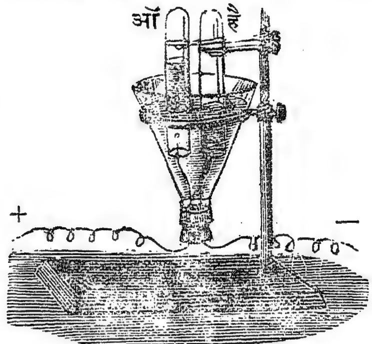
या वोल्टाच्या मांडणींत विजेचा प्रवाह पहिल्यानें चांगला जोराचा असतो. परंतु पुढें तो लवकर निःशक्त होतो. गंधकाच्या अर्काचा व्यापार जस्तावर चालू झाला ह्मणजे जस्त झरूं लागतें, आणि तांब्याच्या पत्र्यापासून हैड्रोजन नामक वायु बुडबुड्याचे रूपानें बाहेर येऊं लागतो. हा हैड्रोजन तांब्याच्या पत्र्यावर येऊन यंत्राची शक्ति कमी करितो. अलीकडे दुसऱ्या शोधकांनीं निरंतर वीज चालू असणाऱ्या मांडणी किंवा ब्याटरी शोधून काढल्या आहेत. पदार्थविज्ञानाची माहिती तुह्मी अधिकाधिक करून घ्याल तेव्हां सर्व मांडणींचें स्वरूप तुमच्या आपोआप ध्यानांत येईल.

१४६. विद्युत्प्रवाहाचे धर्म.—प्रयोग ६९. वा-विजेचा जोरदार प्रवाह प्लातिनंच्या बारीक तारेंतून न्यावा ह्मणजे

तार तापते. तसाच तो कोळशाच्या टोंकांमधून सूक्ष्म अवकाशांतून न्यावा म्हणजे तेथें प्रकाश उत्पन्न होतो.

प्रयोग ७० वा.— विद्युत्प्रवाहानें मिश्रणांचें पृथक्करण होतें. पाणी हें आक्सिजन आणि हैड्रोजन या वायूंच्या मिश्रणापासून झालें आहे, तेव्हां पाण्याचें पृथक्करण करणें ह्मणजे हे वायू वेगळाले करणें असें समजावें.

पुढील आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें एका ग्लासाच्या तळाशीं दोन भोंकें पाडून, त्यांतून दोन तारा आणून, त्यांचे शेवटाशीं प्लाटिनमधातूचे दोन लहानसे पातळ पत्रे लावलेले असतात. ज्या भोंकांवाटे तारा येतात तीं लांबीनें किंवा लाखेनें बंद केलेलीं असतात ग्लासावर जे धातूचे आंकडे असतात त्यांतून दोन कांचेच्या नळ्या वरील तोंडांनीं बंद अशा वर आलेल्या असतात. हें ग्लास पाण्यानें अर्धें अधिक भरावें, आणि तें पाणी विजेचें चांगलें वाहक करण्यासाठीं त्यांत थोडेंसें सलफ्युरिक आसिद घालावें. नळ्यांतही तें मिश्र पाणी भरून त्या त्या पाण्यांत खोलवर जात अशा ठेवाव्या, आणि ह्या दरएक नळींत वर सांगितलेला प्लाटिनम धातूचा एक एक पत्रा येईल असें करावें. नंतर वोल्टाची मांडण तयार करून त्यांतील तांब्याकडची तार ग्लासांतून बाहेर निघालेल्या + तारेशीं जोडावी, आणि जस्ताकडची

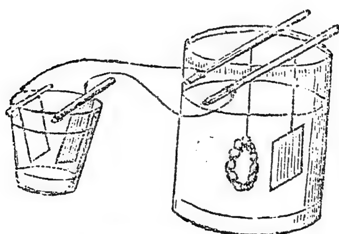


आकृति ६२ वी.

तार-तारेशीं जोडावी. विजेचा प्रवाह चालू झाला ह्मणजे पाण्याचें पृथक्करण होऊन ऋण पत्र्यांतून हैड्रोजन बाहेर पडूं लागतो आणि धन पत्र्यांतून आक्सिजन बाहेर पडूं लागतो. हे वायु २ : १ प्रमाणें वरील नळ्यांत जमूं लागतात. मांडणींतल्या तांब्याच्या पत्र्याकडून जी तार आली आहे तिच्याकडील नळींत आक्सिजन जमूं लागतो, आणि जस्ताकडून जी तार आली आहे तिच्याकडले नळींत हैड्रोजन जमूं लागतो.

ज्याप्रमाणें हें पाण्याचें पृथक्करण होतें त्याचप्रमाणें दुसऱ्याही मिश्रणांचें पृथक्करण होतें. इतकेंच लक्षांत ठेविलें पाहिजे कीं तीं मिश्रणें पातळ असलीं पाहिजेत.

१८७. **प्रयोग ७१ वा.—विद्युत्प्रवाहाच्या योगानें पदार्थांवर मुलामा चढवितां येतो.**—एका ग्लासांत **मोरचुताचें** पाणी करून घालावें, आणि त्यांत लोखंडाची सांखळी किंवा दुसरा एकादा पदार्थ तांब्याच्या तारेनें टांगावा, त्याच्याच शेजारीं पण थोडे अंतरावर एक तांब्याचा पत्रा दुसऱ्या तारेनें टांगावा. वोल्टाचे मांडणींतलें एक ग्लास



आकृति ६३ वी.

किंवा घर घेऊन त्यांतील तांब्याकडचे + तारेचा तांब्याचे पत्र्याशीं संबंध करावा, आणि जस्ताकडच्या – तारेचा सांख-

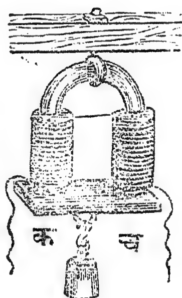
ळीशीं संबंध करावा, ह्मणजे विजेचा प्रवाह चालू होतो आणि तांब्याच्या पत्र्याचें पृथक्करण होऊन त्यांतील तांबें पाण्यांत विरून पाण्यांतलें तांबें लोखंडाचे सांखळीवर जाऊन बसतें.या रीतेनें लोखंडावर तांब्याचा मुलामा चढवितां येतो.

विद्युत्प्रवाहाच्या योगानें, तांबें, रूपें, सोनें वगैरे धातूंचा पाहिजे त्या पदार्थावर मुलामा चढवितां येतो, मात्र ते धातु विजेचा प्रवाह चालवून किंवा त्या धातूंचे क्षार घालून पाण्यांत विरविले असले पाहिजेत; आणि ज्या पदार्थावर मुलामा चढवावयाचा ते पदार्थ उत्तम रीतीचे विद्युत्प्रवाहक असले पाहिजेत. लांकूड वगैरे अप्रवाहक पदार्थांवर मुलामा चढविणें असला तर त्यांवर पहिल्यानें प्लंबेगो (ह्म. पेनशिलीची पूड) फांसतात, ह्मणजे ते पदार्थ विद्युत्प्रवाहक होतात आणि त्यांच्यावर मुलामा चढावितां येतो.

१४८. विद्युत्प्रवाहाच्या योगानें लोखंडाचा प्रासंगिक लोहचुंबक करितां येतो, आणि पोलादाला हा धर्म कायम राहणारा देतां येतो.

प्रयोग ७२ वा.—तांब्याची तार शेंदोनशें हात लांबीची घेऊन तिच्या सभोंवतीं रेशमाचा किंवा सुताचा धागा लपेटावा, ह्मणजे या लपेटेदार तारेचें पुष्कळ फेऱ्यांचें गुंडाळें जरी केलें तरी एका तारेचा दुसऱ्या तारेशीं स्पर्श होत नाहीं. मध्यें रेशीम हा पदार्थ अप्रवाहक असतो ह्मणून या तारेवाटे विजेचा प्रवाह जर गेला तर त्याला मध्येंच एका तारेंतून दुसऱ्या तारेंत जाण्यास जवळची वाट काढतां येत नाहीं, सर्व गुंडाळ्यांतून फेरा करून जावें लागतें. खालील चित्रांत जी घोड्याच्या नालासारखी आकृती काढिली

आहे ती एका वांकविलेल्या लोखंडाच्या कांबीची आहे. तिच्या शेवटांस वर सांगितल्याप्रमाणें तयार केलेली तांब्याची तार गुंडाळलेली आहे. ही तार पहिल्यानें एका शेवटावर गुंडाळून पुढें त्याच रोखानें ती तार दुसऱ्या शेवटावर गुंडाळलेली आहे. तारेचीं दोन शेवटें दोन बाजूंस मोकळीं सोडलेलीं दाखविलीं आहेत. ह्या शेवटांशीं, वोल्टाची तीन चार घरांची मांडण तयार करून तिच्या दोहोंकडच्या धन ऋण तारांचीं शेवटें जुळावीं, ह्मणजे वोल्टाच्या विजेचा प्रवाह चालू होऊन तो गुंडाळ्याच्या एका शेवटांतून शिरून गुंडाळलेल्या तारेचे नालासभोंवती जितके फेरे झाले आहेत तितके फेरे करून दुसऱ्या शेवटावाटे परत मांडणींत येतो. या गुंडाळ्यांतून विजेचा प्रवाह जेथपर्यंत चालू आहे तेथपर्यंत नालांत विशेष प्रकारची शक्ति नजरेस पडते. गुंडाळ्यांतून विजेचा प्रवाह चालू करण्यापूर्वी कच हा



आकृति ६४ वी.

लोखंडाचा तुकडा नालाचे तोंडास लाविला तर तो त्याला ओढून घेत नाहीं. पण त्यांतून विजेचा प्रवाह चालू करून मग तोच तुकडा नालाच्या तोंडाशेजारीं नेला तर मोठ्या जोरानें ओढला जाऊन नालाशीं चिकटून बसतो. त्याला तुम्ही नालापासून सोडवावयास लागलां तर सुटण्यास फार जोर करतो. त्या तुकड्याला खालचे बाजूनें वजन टांगलें तरी तो बरेंच वजन साहतो, पण विजेच्या प्रवाहाचा संबंध सोडविला ह्मणजे नालांतली ओढण्याची

शक्ति नाहींशी होऊन लोखंडाचा तुकडा खालीं पडतो.

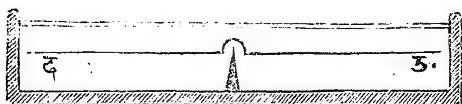
प्रयोग ७३ वा.—आतां गुंडाळ्यांतला लोखंडी नाल काढून घेऊन त्या ठिकाणीं दुसरी पोलादाची सरळ कांब अगर वांकडा नाल घालून विजेचा प्रवाह चालू करावा ह्मणजे तो कायमचा लोहचुंबक बनतो; इतकेंच कीं गुंडाळ्यामध्यें लोखंडाचा नाल असला ह्मणजे तो प्रासंगिक लोहचुंबक बनतो.

प्रयोग ७४ वा.—वरील प्रयोगांत सांगितलेल्या **कच** या लोखंडाच्या तुकड्याबद्दल कठीण पोलादाची पट्टी घ्यावी अगर नाल घ्यावा, आणि कांहीं वेळपर्यंत तो तेथें तसाच चिकटलेला राखून मग सोडवावा, ह्मणजे त्याच्यामध्यें सदोदित रहाणारे लोहचुंबकाचे गुण येतात.

१४९. **होका.**—वरच्या पोलादी पट्टीला मध्यें खळगी राखलेली असली आणि त्या खळगींत जर ती पट्टी एका सुईच्या अग्रावर समतोल ठेवली तर ती नेहमी दक्षिणोत्तर दिशेंत येऊन उभी रहाते. वाटोळे डबीचे मध्यभागीं एक सुई उभी केलेली असते. तिच्या अग्रावर वरील रीतीनें तयार केलेली पट्टी खेळती ठेविलेली असते. ह्या पट्टीवरतीं सर्व दिशा मांडलेली वाटोळी गंजीफ जडलेली असते, त्यामुळें या लोहचुंबकानें सर्व दिशा समजतात. ह्याला **होका** असें नांव आहे. पुढची ६९ वी आकृति पहा.

१५०. **तारायंत्र.**—विद्युत्प्रवाहाच्या आंगीं जे धर्म आहेत त्यांचें ज्ञान झाल्यानें मनुष्यास किती उपयोग घडतो तें तारायंत्रावरून चांगलें समजतें. वाफेची गाडी इतक्या वेगानें जरी चालते, तरी तिला मुंबईहून कलकत्त्यास पों-

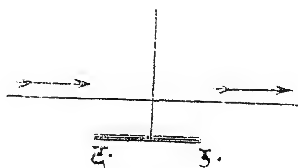
चण्यास तीन दिवस लागतात. इतकें अंतर पूर्वी सडकेच्या वाटेनें चालत जाण्यास ६० किंवा ७० दिवस लागत



आकृति ६९ वी.

असत. आतां विजेच्या यंत्रानें मुंबईहून कलकत्त्यास बातमी पोंचविण्यास एक क्षणही लागत नाहीं. ही बातमी विजेचे योगानें कशी देतां येते, हें दाखविण्यासाठीं विद्युत्प्रवाहाचा आणखीं एक गुण दाखविला पाहिजे. तो हा कीं.—होक्याच्या वरून किंवा खालून विजेचा प्रवाह चालू केला, आणि तो प्रवाहरूपी पुरुष होक्याकडे पहात चालतो ह्मटलें, तर तो आपल्या डाव्या हाताकडे होक्याचें उत्तर टोंक वळवितो.

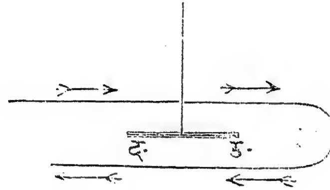
प्रयोग ७९ वा.—बाजूच्या आकृतींत दाखविल्या-प्रमाणें विद्युत्प्रवाह दक्षिणेकडून उत्तरेकडे चालू करावा. या प्रवाहाच्या खालीं जर होका आहे तर त्याचें उत्तर तोंड डावेकडे ह्मणजे पश्चिम दिशेस वळून तो होका प्रवाहाशीं काटकोन करून उभा रहातो. प्रवाह जर उत्तरेकडून दक्षिणेकडे चालू केला तर होक्याचें उत्तर तोंड उजवे बाजूस, पूर्व दिशेस काटकोनानें रहातें. वरील तारेमधून



आकृति ७० वी.

विद्युत्प्रवाह चालू नसला तर होका नेहेमीप्रमाणें उत्तरदक्षिण दिशेंत उभा असतो.

ह्यावरून विद्युत्प्रवाहाची तार होक्याच्या वरून जाऊन, पुढें खालीं वळून पुनः होक्याच्या खालचे आंगून परत जात असली, तर वर सांगितलेले व्यापार दुप्पट जोरानें होतील (आ. ६७ पहा).



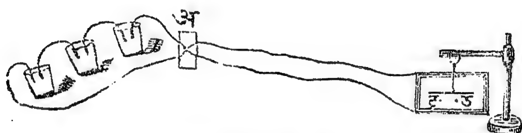
आकृति ६७ वी.

या तारेनें होक्याच्या सभोंवतालीं पुष्कळ फेरे केले असले तर विद्युत्प्रवाहाचा जोर कमी असला तरी त्यानें होक्यास जोरानें फिरवितां येतें.

मागें १०६ वे कलमांत सांगितलेंच आहे कीं धातूच्या तारांतून वीज फार त्वरेनें चालते. तांब्याचे तारेंतून एका सेकंदांत २,८०,००० मैल लांब जाते. लोखंडाच्या तारेमधून तितक्या त्वरेनें जात नाहीं खरी, परंतु मुंबईहून कलकत्त्यापर्यंत जाण्यास तिला एक सेकंद सुद्धां लागत नाहीं.

विजेच्या प्रवाहानें बातमी कशी देतात तें समजण्याकरितां खालीं काढलेल्या आकृतीकडे लक्ष द्या. या आकृतींत डावे बाजूस वोल्टाची मांडण आहे. उजवे बाजूस होक्याची डबी ठेविलेली आहे. वोल्टाचे मांडणींतून एक तार उजवे बाजूस जाऊन, होक्याचे डबीभोंवतालीं शंभर

दोनशें फेरे करून, परत डावेकडे वोल्टाचे यंत्रांत आलेली आहे. अ ठिकाणीं वोल्टाचे मांडणीजवळ एक प्रवाह पालटणारें संधान करून ठेविलें आहे. त्याचे योगानें पाहिजे असल्यास विजेचा प्रवाह वरल्या तारेंतून किंवा पाहिजे असल्यास खालचे तारेंतून सोडतां येतो. प्रवाह वरच्या किंवा खालच्या तारेमधून जातो, त्याप्रमाणें होका उजवे किंवा डावेकडे वळतो. विजेचा प्रवाह बंद असतो तेव्हां होका उत्तर दक्षिण दिशेंत उभा रहातो. हे प्रयोग तुम्ही हातानें करून पाहावे.



आकृति ६८ वी.

आतां अशी कल्पना करा, कीं वोल्टाची मांडण मुंबईस आहे, आणि होका कलकत्त्यास आहे. जर मुंबईंतल्या मनुष्यानें विजेचा प्रवाह वरील तारेमधून सोडिला तर कलकत्त्यांतील होका एकदम उजवीकडे तोंड करील, आणि खालचे तारेमधून सोडिला तर कलकत्त्यांतील होका त्याच वेळेस डावेकडे तोंड करील.

तारायंत्राच्या द्वारें एका क्षणांत इतकी लांब बातमी पोंचवितां येते याचें बीज विजेचे अति वेगामुळें होक्याचें तोंड तत्क्षणींच उजवेकडे किंवा डावेकडे वळतें हें आहे, असें तुमच्या लक्षांत आलें असेल. बहिऱ्या मुक्यांच्या खुणा असतात त्याप्रमाणें होक्याचे हालण्यावर खुणा बसवि-

लेल्या असतात, त्यांचे योगानें पाहिजे ते शब्द मुंबईस खुणावले ह्मणजे ते कलकत्त्यास वाचतां येतात.

या लहानशा पुस्तकांत बातमीचे यंत्राविषयीं अधिक सांगतां येत नाहीं.

१५१. विजेपासून कोणकोणतीं कार्यें होतात त्याचें ज्ञान तुह्मास आतां बरेंच झालें आहे. पदार्थांचे घर्षणापासून जी वीज उत्पन्न होते ती कशी सांठवून ठेवावी हें तुह्मांस समजलें. सर्व पदार्थांत दोन प्रकारची वीज असते, आणि ती कोणतेही प्रकारचे विजेचे सांनिध्यानें पृथक् पृथक् करितां येते हें समजलें. विजेपासून पदार्थांत आकर्षण, प्रतिसारण, तप्तता, व तेज, हीं कशीं उत्पन्न होतात तें समजलें. रसायण विद्युतेपासून मिश्र धातूंचें पृथकरण कसें होतें, मुलामा कसा चढतो, लोखंडांत लोहचुंबक शक्ति कशी येते होका कसा तयार होतो, तारायंत्रानें बातमी कशी देतां येते, ह्या गोष्टी समजल्या.

१५२. **पुस्तकांतील विषयाचा गोषवारा.**—या मनोरंजक व उपयुक्त शास्त्रांतील विषय या लहानशा पुस्तकांत विस्तारानें सांगतां आले नाहींत. पदार्थांचे अनेक प्रकारचे जे रूपभेद होतात त्यांजविषयीं कांहीं गोष्टी तुह्मांस समजल्या. गतिमान पदार्थांच्या शक्ति व व्यापार यांजविषयीं कांहीं गोष्टी समजल्या. तप्तपदार्थांविषयीं कांहीं गोष्टी समजल्या. प्रकाशाच्या संबंधानें कांहीं गोष्टी समजल्या. घर्षणापासून जी विद्युत् उत्पन्न होते तिच्याविषयीं कांहीं गोष्टी समजल्या. नंतर विद्युत्प्रवाहापासून काय काय चमत्कार होतात त्यांचें थोडें थोडें वर्णन झालें. याप्रमाणें सर्व प्रका-

रच्या पदार्थांत शक्ति कोणकोणत्या असतात आणि त्यांपासून व्यापार कोणकोणते होतात यांचें थोडें थोडें वर्णन झालें.

या पुस्तकांतील विषयांचें चांगलें मनन करून, त्यांत जे प्रयोग करून पाहण्यास सांगितले आहेत त्यांचा स्वतः अनुभव घ्याल तर तुमच्या लक्षांत येईल कीं, पदार्थांचें रूपांतर दृढपणांतून पातळपणांत, पातळपणांतून वायुरूपांत असें होतें. परंतु प्रकृत्यंशांचा नाश होत नाहीं; त्याचप्रमाणें पदार्थांत जी कर्तृत्वशक्ति असते तिचाही नाश होत नाहीं. रूपांतर मात्र होतें. ह्मणजे चलनापासून कंप उत्पन्न होतो, लहरी उत्पन्न होतात, तप्तता उत्पन्न होते, तेज उत्पन्न होतें, तशीच विद्युत् उत्पन्न होते. या प्रत्येक रूपांत, त्या त्या रूपाप्रमाणें पदार्थापासून किंवा पदार्थांवर एकसारखा कांहींना कांहीं तरी व्यापार चालू असतो. याप्रमाणें पदार्थांतील कर्तृत्वशक्तिही अनेक स्वरूपांनीं या सृष्टींत विचरत असते.



पदार्थविज्ञान.

लक्षांत ठेवण्याजोग्या गोष्टी.

१. एका अवार्डुपाईस पौंडांत ७,००० ग्रेन असतात.

२. दोन अवार्डुपाईस पौंड ह्मणजे सुमारानें एक पुण्यांतला पक्का शेर होतो.

३. एका तोळ्याचें वजन १८८ ग्रेन असतें.

४. हातांतून धोंडा सुटला तर एका सेकंदांत १६ फूट खालीं जातो.

५. पोलाद ही सर्वांत बळकट धातु आहे.
सोनें ही सर्वांत घनवर्धनीय धातु आहे.
हिऱ्यापेक्षां दुसरा कोणताही पदार्थ कठिण नाहीं.

६. एक घनइंच पाण्याचें वजन २५२॥ ग्रेन असतें.

७. शंभर घनइंच हवेचें वजन ३१ ग्रेन असतें.

८. शंभर घनइंच हैड्रोजन वायूचें वजन २ ग्रेन असतें.

---

९. आवाजाची चाल दर सेकंदास ११०० फूट होते.

१०. प्रकाशाची चाल दर सेकंदास १,८६,००० मैल होते.

११. तांब्याच्या तारेंतून वीज दर सेकंदास २,८०,००० मैल चालते.

यंत्रें वगैरे सामानाची तजवीज राखण्याविषयीं सूचना.

व्याख्यान देतांना आपणास जीं यंत्रें व जें सामान लागणारें असेल तें आपल्या समोर ठेवावें. आपणास ज्या कृति करून दाखविण्याच्या असतील त्या मुलांसमोर बिनधोक करितां याव्या यासाठीं शिक्षकानें त्या एकीकडे स्वतां करून पाहून आपल्या मनाची पक्की खात्री करून ठेवावी. जें सामान आणिलें असेल, तें व्याख्यान संपलें ह्मणजे, मोठ्या खबरदारीनें परत नेऊन जेथलें तेथें ठेवावें.

वाताकर्षक, बंब, वगैरे जीं यंत्रें जवळ असतील, त्यांचे भाग नीट सोपे रीतीनें फिरतात का कोठें घांसतात तें पाहून, ज्या ठिकाणीं जितकें वंगण पाहिजे असेल तितकें बेतानें घालून, तीं चालतीं ठेविलीं पाहिजेत. वाताकर्षक यंत्रांत तबकडीवर बसणारीं कांचेचीं पात्रें असतात, त्यांच्या तोंडास तुपाचा किंवा चर्बीचा लेप चांगला दिला पाहिजे तें पात्र तबकडीवर वाटोळें फिरविलें तर खरखर होऊं नये, साफ फिरलें पाहिजे. खरखर झाली तर असें समजावें कीं, मध्यें कांहीं तरीं केरकचरा गेला आहे. असें झालें तर लागलेंच तें पात्र बेतानें तबकडीवरून काढून, त्याचें तोंड साफ करून, त्यास पुनः वंगणाचा लेप दिला पाहिजे.

पारा जंगून त्याच्यावर काळा तवंग येतो, तेव्हां एक कागद घेऊन त्याची शंकूसारखी गळती करावी. तिच्या टोंकास सुईइतकें मात्र छिद्र राखावें. या गळतींत पारा हळूच ओतला, ह्मणजे खालच्या छिद्रांतून गाळून साफ

चकचकीत होऊन बाहेर पडूं लागतो, तो कांचेच्या पात्रांत धरावा. पाऱ्याशीं दुसरे धातूचा स्पर्श झाला असतां त्यामध्यें ती विरते. असें न होऊं देतां पारा निर्भेळ राखावा.

वोल्टाचे ब्याटरींत (मांडणींत) जस्ताच्या पत्र्यावर पारा सारवावा, ह्मणजे त्यास गंधकाचा अर्क तेवढा खात नाहीं. हा पारा वेगळे कुपींत ठेवावा.

विजेचें यंत्र तयार करण्यापूर्वीं त्यास शेकून चांगलें गरम करावें. यंत्रास फिरवून त्याचे सर्व भाग चांगले शेकले पाहिजेत. परंतु शेक फार लागला, अगर कोठें अधिक कोठें उणा असा लागला किंवा तापलेले भांड्यास पाणी लागलें तर कांचेचें भांडें तडकतें हें चांगलें लक्षांत ठेवावें. विजेचे यंत्रांतील सर्व भाग व मुख्यत्वेंकरून कांचेचे आधार वगैरे स्वच्छ आणि कोरडे असावे, आणि प्रयोग करते वेळीं हवाही ओलसर नसावी, नाहीं तर त्यांच्यावरून वर सांठवलेली वीज निघून जाते.

वोल्टाचे मांडणींतली वीज उत्पन्न करण्याचीं घरें आणि तांब्याचे व जस्ताचे पत्रे यांचें काम झालें ह्मणजे ते एकीकडे काढून, त्यांस स्वच्छ धुऊन पुसून कोरडे करून ठेवावे. तांब्याच्या तारांचीं शेवटें स्वच्छ असावीं.

याप्रमाणें पदार्थविज्ञानांतील प्रयोग करण्यास जें सामान व यंत्रें लागतात, तीं सर्व बंदोबस्तानें, पाहिजे तेव्हां हातास येतील, अशा रीतीनें एका कबाटांत ठेविलीं पाहिजेत. अनाडी व गैरमाहीत लोकांचे हातीं तीं लागूं नयेत अशी तजवीज ठेवावी.

पदार्थविज्ञान.

व्याख्यान देतांना जें सामान व यंत्रें लागतात त्यांची तपशीलवार याद.

कलम.	सामान.	किंमत सुमारानें. रु०	आ०	पैसे
१.	हळद व चुना	०	०	१
४.	छडी व गारंबी किंवा कवडा	०	०	२
६.	बर्फ व चेंडू	०	०	२
,,	लोहचुंबक व सुई	०	४	०
,,	चकमक, काळी गार, व कप	०	२	०
,,	यादींतील कलम ६३ व १२४ पहा	०	०	०
१०.	परात, पातेलें, व धोंडा, घरगुती.	०	०	०
,,	वायूची निर्भेद्यता दाखविण्याकरितां कांचेची शिशी ...	०	१	०
११.	पंचपात्री घरगुती व एक घनइंचाचें माप जस्ती पत्र्याचें	०	०	२
१२.	संध्येची पळी व भंगाळ घ०	०	०	०
१३.	रंगवलयें दाखविणारा भिंगांचा जोड	२	०	०
२०.	चार पट्ट्यांचा ढळता समांतरभुज-चौकोन............	०	२	०
२२.	अतवूदचें यंत्र व चार वजनें	१६	०	०
२४.	हलक्या गाडीवरचा जंबुरा........................	२	०	०
२६.	लांकडी गजाची बनविलेली विषम दांडी	०	८	०
२७.	गुरुत्वमध्य काढण्याची रीति दाखविण्याकरितां लोखंडाचा वांकडातिकडा पत्रा व त्याचे कडांवर दोन तीन ठिकाणीं भोकें	०	१	०
२८.	तराजू व कांहीं वजनें, व पहार. घ०..................	१	८	०
४३.	केळीचें पान किंवा झाडाची पाती	०	०	०
	पुढील पृष्ठावर नेण्याची बेरीज	२२	११	३

कलम.	सामान.	किंमत सुमारानें. रु०	आ०	पै०
	मागील पृष्ठाची पोट बेरीज	२२	११	३
४४.	मोरचुताची पुडी.	०	१	०
४९.	पाण्याची पिचकारी गोलाकार हजाऱ्याची.	१	०	०
,,	पाण्याचा दाब दाखविण्यास लोखंडी पत्र्याची लहानशी बंद पेटी व तिला वर खालीं सरणारे तीन दट्टचे	१	०	०
५१.	लोखंडी पत्र्याचें उंच मापटें व त्याच्या बाजूस तीन ठिकाणीं बारीक छिद्रांच्या तोट्या.	०	८	०
५२.	ओळंबा व दोरी	०	४	०
,,	लोखंडी पत्र्याची पेटी व तिच्या मधून तऱ्हेतऱ्हेच्या नळ्या वर आलेल्या. या नळ्या कांचेच्या असल्यास बरें	२	०	०
५३.	पाणी पिण्याचें पातळ ग्लास........................	०	४	०
,,	फूट व इंच मांडलेली आठ फुटींची काठी	१	०	०
,,	मद्यार्काची पाणसळ	२	८	०
५४.	पातेलें, तपेली, वरवंटा, व तराजू. घ०...............			
५५.	एक शेर पाऱ्याची शिशी, लोखंडाचा तुकडा, व चिनी प्याला	१०	०	०
५९.	तारवाचा छेद व त्याच्या डोलकाठीवर चढविलेलें सरकतें वजन	०	४	०
६०.	निकलसंनचा हैड्रामेतर जस्ती पत्र्याचा, नियमित भार, व कांचेचें उभट भांडें	२	०	०
,,	दुग्धपरीक्षक व कांचेचें उभट भांडें	०	८	०
६१.	केशाकर्षक नळ्या ४, व सपाट कांचा २	५	०	०
६३.	वाताकर्षक, ग्राहक, घंटा, इ. संच...................	२५	०	०
६४.	वातपूरक यंत्र व त्यावर बसवितां येणारें पात्र	१०	०	०
६५.	स्तापकाक जोडलेल्या तोंडीचा पोकळ गोल, वजनें, व नाजूक कांटा	१५	०	०
६७.	वारा बंद करण्याची कातड्याची लहान पिशवी	०	४	०
	पुढील पृष्ठावर नेण्याची पोट बेरीज.........	९९	४	३

कलम.	सामान.	किंमत सुमारानें.		
		रु०	आ०	पै०
	मागील पृष्ठाची पोट बेरीज	९९	४	३
६७.	कांचेचा दुतोंडी ग्राहक........................	१	८	०
६८.	रक्त काढण्याची तुंबडी	०	८	०
६९.	२४ इंच लांबीची भारमापकाची नळी	०	१२	०
,,	पारा ओतण्यास धाकटी फनेल व कांचेची कुंडी ...	०	४	०
७१.	उचालक बंबाचा धाकटा नमुना	२	४	०
८४	सैरन यंत्र	१५	०	०
९३.	कांब व तिच्याच मानाची खोबण	०	८	०
,,	कांचेची शिशी व तिचे तोंडांत बसणारी फुग्याची नळी.	२	०	०
,,	वायुरूपी पदार्थांचें प्रसरण दाखविण्यास कातड्याचा फुगा	०	१	०
९४.	उष्णतामापक यंत्रें तिन्ही प्रकारचीं	५	०	०
१०४.	अल्कोहोलचा दिवा, वांकडी नळी, पंचपात्र, व बैठक.	१	०	०
,,	अल्कोहोलची एक बाटली	१	०	०
१०५.	कढ येण्याची कांचेची कुपी व तिवई	२	०	०
,,	वाफेचा जोर दाखविण्याचें २७ व्या प्रयोगांतलें भांडें.	५	०	०
१०२.	लोखंडी तार तापविण्याकरितां	०	०	१
,,	उदबत्ती	०	०	०
११२.	पाणी तापविण्याची कांचेची लांब नळी	१	०	०
११७.	तोंड पाहाण्याचे आरसे दोन	०	८	०
१२२.	गोलांतर व गोलबाह्य आरसे	२	०	०
१२३.	धातूचे परावर्त्तक, दोन	१५	०	०
१२५.	त्रिकोणाकृति बिल्लोर	०	८	०
१२७.	दुआंगी गोलबाह्य भिंग	४	०	०
१२९.	सिल्वर नैत्रेटची कुपी	३	०	३
,,	सोडियम-हैपो-फास फाइटची कुपी	३	०	०
१३२.	लहानशी दुर्बीण	३५	०	०
१३४.	कांचेची नळी व रेशमाचा रुमाल	१	०	०
,,	लाखेची कांडी व फलानेलचा रुमाल	०	८	०

पुढील पृष्ठावर नेण्याची पोट बेरीज.........२०१ १० ३

कलम.	सामान.	किंमत सुमारानें.		
		रु०	आ०	पै०
	मागील पृष्ठाची पोट बेरीज......	२०१	१०	३
१३४.	चार कांचेचे स्तंभ व भिरकंडांच्या लोंबत्या गोळ्या.	०	८	०
१३७.	विजेचें यंत्र	१५	०	०
,,	मिश्रधातूची डबी	०	४	०
१३९.	विजेचें आकलन दाखविण्यासाठीं दोन कांचेच्या स्तंभावरचीं धातूचीं नळकांडीं	१	०	०
१४०.	इलेक्ट्रोफोरस	२	०	०
१४१.	लेडनजार	१	०	०
,,	विजा जोडणारी तार	०	८	०
१४५.	वोल्टाची मांडण ३ घरांची	५	०	०
१४६.	प्लाटिनमची बारीक तार	०	८	०
,,	पाण्याचें पृथक्करण दाखविण्याचें यंत्र	२	०	०
,,	मुलामा चढविण्याचें यंत्र	१	०	०
,,	विद्युत्प्रवाहानें लोहचुंबक होणारा लोखंडी नाल ...	१	८	०
१४९.	होका	१	०	०
१५०.	तारायंत्र, धातूचें गुंडाळें, तांब्याची एक ५० फूट लांब तार वगैरे मिळून	१०	०	०
	एकंदर रुपये.........	२४२	१४	३

या यादींत किमती सुमाराच्या घातल्या आहेत. वरील सामान पैदा करणारास यादींत लिहिलेल्या किमतीप्रमाणें पैसा पडेल असें निश्चयपूर्वक सांगतां येत नाहीं. परंतु सर्व सामान पैदा करण्यास किती खर्च होईल याचा सुमार दाखविण्याला ही याद बरी पडेल.

शुद्धिपत्र

पुस्तकांत घालण्याचे आवश्यक शोध दाखविणारें.

पृष्ठ.	पंक्ति.	अशुद्ध.	शुद्ध.
०	४	धक्याप्रमाणें	धुक्याप्रमाणें
४	खा. ४	कल्पना,	अनुमान,
०	४	खिळ्या–	खिळ्यां–
०	७	$च_१ : च$	$च_१ : च_२$
,,	१४	वग	वेग
७	२	शेंडा	शेंडा
२९	खा. २	संयाजन.	संयोजन.
६६	१	पातळ पदार्थांकडे	घन पदार्थांच्या शक्तींकडे
६७	खा. ६	तिच्या	जिच्या
,,	खा. ५	होतात. या	होतात, त्या
६८	३	परमाणूचें	परमाणूंचें
७९	१२	संकोच क	संकोचक
८९	खा. २	बिंदूचीं	बिंदूंचीं
९८	१३	भें	उभें
१०३	२	ग्रन	ग्रेन
१०४	खा. १	खुणपावेतों	खुणेपावेतों
१०६	खा. ६	आकृति २२ वी.	आकृति २२ वी.
११२	१	उघणाऱ्या	उघडणाऱ्या
१३३	खा.११	त्यांचे	त्यांचे
१३८	खा. ७	अधिकाधिक्त	अधिकाधिक.
१४६	खा. २	दोरांमधली	दोऱ्यांमधली.
१४७	१३.	काव	कांब
१५७	खा. १	रूपातर	रूपांतर
१६७	५	पाफेविषयीं	वाफेविषयीं
१७८	१	तापावयास	तापवावयास
१९१	७	किरणाचें	किरणांचें
१९६	१२	शेवटचे कोरे जागेंत अंतर हा शब्द पाहिजे.	
२०३	खा. ६	तेजस	तैजस
२२१	खा.११	नळकांड्याचा	नळकांड्यांचा
,,	,, ६	पदार्थ	पदार्थां